

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут аерокосмічних технологій**

**Кафедра авіа- та ракетобудування**

«На правах рукопису»  
УДК 629.7.047.2

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир Кабанячий

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»**

**зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»**

**на тему: «Катапультне крісло пілота літака»**

Виконав:

студент VI курсу, групи АЛ-391мп  
Загідько Сергій Валерійович

\_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к.т.н.,  
Бондар Юрій Іванович

\_\_\_\_\_

Рецензент:

Асистент каф. СКЛА  
Трунов Віктор Юрійович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут аерокосмічних технологій**  
**Кафедра авіа- та ракетобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – **134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»**

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Загідьку Сергію Валерійовичу**

1. Тема дисертації «Катапультне крісло пілота літака», науковий керівник дисертації Бондар Юрій Іванович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від « 02 » грудня 2020р. №3436-с
2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження      Катапультне крісло
4. Вхідні дані:    Висота катапультивання - 100 м.;  
                         Швидкість польоту 720 км/год.;  
                         Швидкість катапультивання  $V_k = 20\text{м/с.}$ ;  
                         Вага пілота та крісла  $G_0 = 180\text{ кг.}$ ;  
                         Направляючі крісла розташовані під кутом  $\alpha = 70$ .

Перелік завдань, які потрібно розробити

- 5.1. Підбір статистики по катапультируемим кріслам.
- 5.2. Новітні конструктивні рішення, спрямовані на підвищення вірогідності спасіння пілота при аварії літака.
- 5.3. Основні агрегати та конструктивна схема крісла катапульти.
- 5.4. Розрахунок траєкторії руху катапультируемого крісла.
- 5.5. Визначення аеродинамічних навантажень на катапультируеме крісло.
- 5.6. Розрахунок парашуту.
- 5.7. Розробка блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака.
- 5.8. Розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

6.1. Види та засоби порятунку екіпажу та огляд конструкції катапультируемого крісла.

6.2. Схема процесу аварійного покидання літака та послідовність спрацювання елементів систем крісла.

6.3. Наближений розрахунок траєкторії крісла та максимальних навантажень на купол парашуту.

6.4. Блок роз'єднання зв'язків з бортом крісла катапульти літака винищувача.

6.5. Узагальнюючий плакат.

6.6. Стартап-проект

6.7. Висновки.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

7.1. АКТ впровадження результатів магістерської дисертації.

7.2. Доповідь на науково-технічній конференції з публікацією тез.

8. Дата видачі завдання: 01.10.2019 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	При-мітка
1.	Підбір статистики по катапультируемым кріслам. Аналіз аналогів та технічної літератури для виконання дисертації.	до 29.11.2019 р.	
2.	Новітні конструктивні рішення, спрямовані на підвищення вірогідності спасіння пілота при аварії літака	до 01.02.2020 р.	
3.	Основні агрегати та конструктивна схема крісла катапульти	до 20.03.2020 р.	
4.	Система керування катапультичним кріслом	до 01.07.2020 р.	
5.	Розрахунок траєкторії руху катапультируемого крісла	до 30.09.2020 р.	
6.	Визначення аеродинамічних навантажень на катапультируемое крісло	до 31.10.2020 р.	
7.	Розробка блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака	до 30.11.2020 р.	
8.	Розробка стартап-проекту.	до 07.12.2020 р.	
9.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.	до 10.12.2020 р.	
10.	Перевірка на плагіат	до 10.12.2020 р.	

Студент

Сергій ЗАГІДЬКО

Науковий керівник

Юрій БОНДАР

### 3. Реферат

**Магістерська дисертація:** "Катапультне крісло пілота літака", 153 сторінки, 42 рисунків, 36 таблиць, 18 посилань.

**Актуальність:** крісло-катапульта — це рятувальна система для швидкої евакуації екіпажу, переважно військового літака, гвинтокрила у випадку аварійної ситуації.

Евакуація здійснюється за рахунок відстрілювання (катапультування) крісла разом з пілотом з літального апарату за допомогою стисненого повітря, порохового заряду, ракетної системи, після чого крісло автоматично відкидається та пілот приземляється на парашуті. У деяких типів літаків катапультуються аварійно-рятувальні капсули та кабіни, разом з розміщеними у них пілотами.

Катапультне крісло забезпечує порятунок члена екіпажу в широкому діапазоні швидкостей і висот польоту літака, включаючи зліт, після посадочний пробіг, режим нульової висоти і швидкості, і застосовується в поєднанні із захисним обладнанням.

Катапультування починається при витягуванні поручнів і забезпечується роботою системи управління катапультуванням і механізмів блокування.

Кисневе забезпечення члена екіпажу від бортового кисневого обладнання в польоті до аварійного запасу під час катапультування виробляється кисневою системою крісла, що складається з об'єднаного роз'єму комунікацій, блоку кисневого устаткування з аварійним запасом кисню.

**Мета роботи:** розрахунок траєкторії руху крісла катапульти, визначення основних навантажень діючих на крісло і конструювання блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

**Об'єкт дослідження:** Катапультне крісло пілота літака.

**Вихідні дані:** Висота катапультивання - 100 м.; Швидкість польоту 720 км/год.; Швидкість катапультивання  $V_k = 20 \text{ м/с.}$ ; Вага пілота та крісла  $G_0 = 180 \text{ кг.}$ ; Направляючі крісла розташовані під кутом  $\alpha = 70^\circ$ .

**Методи дослідження:** розрахунок параметрів процесу катапультивання проведено за теорією імпульсу; використані керівництва для конструкторів по проектуванню авіаційних засобів порятунку та розрахунку парашутного обладнання; аеродинамічні розрахунки виконано панельним методом безвідривного обтікання.

**Наукова новизна одержаних результатів:** проведено аналіз сучасних існуючих засобів забезпечення порятунку екіпажу під час виникнення аварійної ситуації; проведені параметричні розрахунки обраного прототипу, розрахована і проаналізована траєкторія руху крісла під час катапультивання; проаналізовано етапи спрацьовування систем крісла; розраховані навантаження які діють на крісло; проведено розрахунок парашута і визначені навантаження які діють на купол; запропоновано принципово новий блок роз'єднання зв'язків крісла-катапульти з бортом літака

**Практичне значення одержаних результатів:** виконано аналіз та розрахунок конструктивних особливостей катапультиного крісла КМ-1, що встановлюється на літаки: Міг-21, Міг-23, Міг-25, Міг-27. Згідно завдання на роботу розроблена конструкція блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

**Апробація результатів дисертації:** науково-практична конференція студентів та молодих вчених "Авіа-ракетобудування: Перспективи та напрямки розвитку".

**Впровадження:** результати наукових досліджень впроваджені у наукову базу знань та інформації інвестиційної компанії «Боміс», що підтверджено відповідним актом.

**Ключові слова:** крісло-катапульта ; пороховий заряд, ракетна система; теорія імпульсу; аеродинаміка; авіаційні засоби порятунку.

## **Abstract**

**Master's thesis:** "Catapult seat of the pilot of the aircraft", 153 pages, 42 figures, 36 tables, 18 references.

**Relevance:** the catapult chair is a rescue system for rapid evacuation of the crew, mainly of a military aircraft, a helicopter in case of an emergency. Carried out by firing (ejection) of the seat together with the pilot from the aircraft with compressed air, powder charge, missile system, after which the seat is automatically folded and the pilot lands on a parachute. In some types of aircraft, rescue capsules and cabins are ejected, together with the pilots placed in them.

**Purpose:** calculation of the trajectory of the catapult seat, determination of the main loads acting on the seat and the design of the unit for disconnection of the links on board the aircraft of the catapult seat of the fighter aircraft.

The catapult seat provides rescue to a crew member over a wide range of aircraft speeds and altitudes, including take-off, after landing, zero altitude and speed, and is used in conjunction with protective equipment.

Ejection begins when the handrails are pulled out and is provided by the operation of the ejection control system and locking mechanisms.

Oxygen supply to the crew member from the on-board oxygen equipment in flight to the emergency reserve during the ejection is produced by the oxygen system of the chair, which consists of a combined communications connector, a unit of oxygen equipment with emergency oxygen supply.

**Object of study:** Catapult seat of the pilot of the aircraft.

**Initial data:** Ejection height - 100 m .; Flight speed 720 km / h; Ejection speed  $V_k = 20 \text{ m / s}$  .; Pilot and seat weight  $G_0 = 180 \text{ kg}$ ; The guide seats are located at an angle  $\alpha = 70$ .

**Research methods:** calculation of parameters of the ejection process was carried out according to the theory of momentum; used guides for designers to design aircraft rescue and calculation of parachute equipment; aerodynamic calculations were performed by the panel method of continuous flow.

**Scientific novelty of the obtained results:** the analysis of modern existing means of ensuring the rescue of the crew in the event of an emergency; performed parametric calculations of the selected prototype, calculated and analyzed the trajectory of the chair during the ejection; the stages of operation of the chair systems are analyzed; calculated loads acting on the chair; the calculation of the parachute was carried out and the loads acting on the dome were determined; a fundamentally new unit for disconnecting the catapult seat from the aircraft is proposed

**Practical significance of the obtained results:** analysis and calculation of design features of the catapult seat KM-1, which is installed on aircraft: MiG-21, MiG-23, MiG-25, MiG-27. According to the task for work the design of the block of disconnection of communications with a board of the plane-catapult of the fighter plane is developed.

**Approbation of dissertation results:** scientific-practical conference of students and young scientists "Air-rocket building: Prospects and directions of development".

**Implementation:** the results of scientific research have been introduced into the scientific knowledge base and information of the investment company Bomis, which is confirmed by the relevant act.

**Keywords:** catapult chair; powder charge, missile system; momentum theory; aerodynamics; aircraft rescue equipment.

## Зміст

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів.....	10
<b>Вступ. Актуальність теми та її практичне значення.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Сучасні системи порятунку в авіації.....</b>	<b>14</b>
1.1. Сучасні системи порятунку пілотів на літаках.....	14
1.2. Сучасні конструктивні рішення направлені на підвищення ймовірності порятунку пілота при аварії літака.....	36
1.3. Основні агрегати і конструктивна схема крісла-катапульти.....	42
1.4. Система управління катапультним кріслом.....	58
1.5. Системи роз'єднування зв'язку з бортом літака.....	84
1.6. Обґрунтування вибору прототипу.....	86
Висновки по розділу.....	88
<b>2. Розрахунок основних параметрів крісла-катапульти.....</b>	<b>89</b>
2.1. Розрахунок траєкторії руху катапультного крісла.....	89
2.2. Розрахунок аеродинамічних навантажень на катапультне крісло.....	98
2.3. Розрахунок парашута.....	101
Висновки по розділу.....	111
<b>3. Блок роз'єднання зв'язку з бортом літака.....</b>	<b>112</b>
3.1. Аналіз конструктивних особливостей систем роз'єднання зв'язку з бортом літака під час катапультивання.....	112
3.2. Розробка блоку роз'єднання зв'язку з бортом літака під час Катапультивання.....	115
Висновки по розділу.....	118

					<b>АЛЗМП9103 10.01.00.00 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Загідько С.В.				<b>Катапультне крісло пілота літака</b>		Лім.	Аркуш
Перевір.	Бондар Ю.І.							<b>8</b>
Т. контр.								<b>154</b>
Н. контр.	Поваров С.А.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АРБ гр. АЛ-391мп	
Затв.	Кабанячий В.В.							



<b>4. Розробка стартап-проекту.....</b>	<b>119</b>
4.1. Опис ідеї проекту.....	119
4.2. Технологічний аудит проекту.....	121
4.3. Аналіз ринкових можливостей для запуску проекту.....	121
4.4. Ринкова стратегія стартап-проекту.....	143
4.5. Маркетингова програма стартап-проекту.....	145
Висновки по розділу.....	150
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>151</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>152</b>

## Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

км/г – швидкість польоту

кг – кілограмів

мал – малюнок

рр – років

м – метри

g – прискорення

ПС – парашутна система

м<sup>2</sup> – площа

НАЗ – переносний аварійний запас

м/с – метрів на секунду

ПСУ – рятувальна парашутна система

V – швидкість

ОРК - об'єднаний роз'єм комунікацій

КСМ - комбінований стріляючий механізм

СМ - стріляючий механізм

V<sub>к</sub> - швидкість катапультивання

G<sub>о</sub> - вага пілота та крісла

C<sub>Г</sub> - коефіцієнт опору тіла

f<sub>Г</sub> --площа міділевого - перерізу тіла

t<sub>поч</sub> - шлях, пройдений тілом до моменту початку руху на даній ділянці;

V<sub>кр</sub> - критична швидкість на даній ділянці

### **Анотація**

Метою роботи являється розрахунок траєкторії руху крісла катапульти, визначення основних навантажень діючих на крісло і конструювання блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

У звіті розглянуто конструктивні рішення, спрямовані на підвищення вірогідності спасіння пілота при аварії літака. За результатами аналізу прототипів для вирішення даної проблеми запропоновані зміни в конструкцію блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака.

У процесі виконання роботи було проведено вивчення засобів порятунку екіпажу, огляд основних агрегатів та конструктивної схеми катапультного крісла. На основі проведеної роботи було висунуто пропозицію, щодо покращення конструкції яка дозволяє істотно знизити навантаження на систему роз'єднання зв'язку.

## Вступ

До середини Другої світової війни для покидання пошкодженого літака пілот вставав з сидіння, переступав через борт кабіни, вставав на крило і зістрибував в проміжок між ним і хвостовим оперенням. Цей спосіб забезпечував цілком надійне порятунком на швидкостях до 400-500 км/год. Однак до кінця війни швидкості літаків значно зросли, і у багатьох льотчиків вже просто не вистачало фізичних сил протистояти набігаючому повітряному потоку.

Катапультні крісла першого покоління виконували єдине завдання - викинути людину з кабіни. Віддалившись від літака, пілот повинен був самостійно відстебнути ремені, відштовхнути крісло і розкрити парашут.

Друге покоління катапульт крісел з'явилося в 1950-х роках. Процес покидання був частково автоматизований: досить було смикнути важіль, і піротехнічний стріляючий механізм викидав крісло з літака; вводився парашутний каскад (стабілізуючий, потім гальмівної і основний парашути). Найпростіша автоматика забезпечувала тільки затримку за часом і блокування по висоті - на великій висоті парашут відкривався не відразу.

Крісла третього покоління з'явилися в 1960-х, їх почали оснащувати твердопаливним ракетним двигуном, що працює після виходу крісла з кабіни. Вони були забезпечені більш досконалою автоматикою. На перших кріслах цього покоління, розроблених НВП «Зірка», парашутний автомат КПА з'єднувався з літаком двома пневмотрубками і таким чином налаштовувався на швидкість і висоту.

**Актуальність роботи:** Крісло-катапульт — це рятувальна система для швидкої евакуації екіпажу переважно військового літака, гвинтокрила у випадку аварійної ситуації. Здійснюється за рахунок вистрілювання (катапультування) крісла разом з пілотом з літального апарату за допомогою стисненого повітря, порохового заряду, ракетної системи, після чого крісло автоматично відкидається і пілот приземляється на парашуті. У деяких типів

літаків катапультуються аварійно-рятувальні капсули та кабіни, разом з розміщеними у них пілотами.

**Мета роботи:** розрахунок траєкторії руху крісла катапульти, визначення основних навантажень діючих на крісло і конструювання блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

**Задачі дослідження:** провести розрахунок параметрів процесу катапультивання за теорією імпульсу; використані керівництва для конструкторів по проектуванню авіаційних засобів порятунку та розрахунку парашутного обладнання; аеродинамічні розрахунки виконано панельним методом безвідривного обтікання.

**Об'єкт дослідження:** Катапультне крісло пілота літака.

**Вихідні дані:** Висота катапультивання - 100 м.; Швидкість польоту 720 км/год.; Швидкість катапультивання  $V_k = 20 \text{ м/с.}$ ; Вага пілота та крісла  $G_0 = 180 \text{ кг.}$ ; Направляючі крісла розташовані під кутом  $\alpha = 70^\circ$ .

**Наукова новизна:** Наукова новизна одержаних результатів: проведено аналіз сучасних існуючих засобів забезпечення порятунку екіпажу під час виникнення аварійної ситуації; проведені параметричні розрахунки обраного прототипу, розрахована і проаналізована траєкторія руху крісла під час катапультивання; проаналізовано етапи спрацьовування систем крісла; розраховані навантаження які діють на крісло; проведено розрахунок парашута і визначені навантаження які діють на купол; запропоновано принципово новий блок роз'єднання зв'язків крісла-катапульти з бортом літака

**Практичне значення отриманих результатів:** виконано аналіз та розрахунок конструктивних особливостей катапультного крісла КМ-1, що встановлюється на літаки: Міг-21, Міг-23, Міг-25, Міг-27. Згідно завдання на роботу розроблена конструкція блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

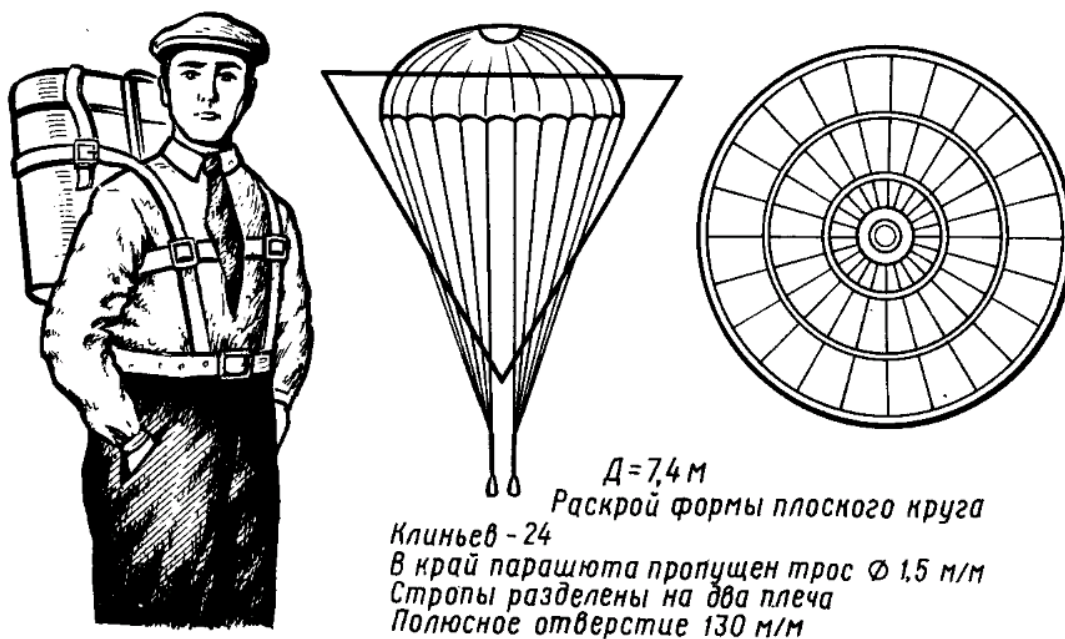
## **1. Сучасні системи порятунку в авіації.**

### **1.1. Сучасні системи порятунку пілотів на літаках.**

Крісло-катапульта - пристрій, призначений для порятунку льотчика або інших членів екіпажу з літального апарату в аварійних ситуаціях. Як правило, крісло-катапульта разом з пілотом вистрілюється з аварійного літака за допомогою реактивного двигуна (як, наприклад, К-36ДМ), порохового заряду (як КМ-1М) або стисненого повітря (як крісло-катапульта спортивного літака Су-26), після чого крісло автоматично відкидається, а пілот опускається на парашуті. Іноді застосовуються катапультируємі аварійно-рятувальні капсули (В-58) і кабіни (F-111 і В-1), що опускаються на парашутах разом з розташованими всередині членами екіпажу. [1]

До 1930-х років невисокі швидкості літальних апаратів не створювали проблем: пілот просто відкидав ліхтар, відстібав прив'язну систему, перевалювався через борт і стрибав. До початку другої світової військова авіація переступила невидимий поріг: при швидкості 360 км/г людину повітряним потоком притискає до літака з силою майже в 300 кг. Але ж потрібно ще як слід відштовхнутися, щоб не вдаритися об кіль або крило, та й пілот може бути поранений, а літак - пошкоджений. Найпростіше рішення - відстебнутися, а потім подати ручку вперед, щоб літак «клонує» і під дією перевантаження пілота викинуло з кабіни, - працювало тільки на не надто високих швидкостях.

Перші катапульти з'явилися в Німеччині. У 1939 році експериментальний літальний апарат Heinkel He 176 з ракетним двигуном був оснащений відкидною носовою частиною. Незабаром катапульти стали серійними: їх встановлювали на турбореактивний Heinkel He 280 і гвинтовий Heinkel He 219. 13 січня 1942 пілот He 280 Гельмут Шенк виконав перше в світі реальне катапультивання - аеродинамічні поверхні його літака обледеніли, і винищувач став некерованим. До кінця війни на рахунок німецьких пілотів налічувалося вже понад 60 катапультивань.



Мал. 1.1. Один з перших парашутів розробки Г.Є. Котельникова РК-1  
зразка 1911 р.

Катапультні крісла тих часів (їх прийнято відносити до першого покоління, хоча ця класифікація досить умовна) виконували єдине завдання - викинути людину з кабіни. Це досягалося в основному за допомогою пневматики, хоча зустрічалися і механічні (підпружинені важелі), і піротехнічні рішення. Відлетівши від літака, пілот повинен був як і раніше самостійно відстебнути ремені, відштовхнути крісло і розкрити парашут.

Друге покоління катапультних крісел з'явилося в 1950-х роках. Процес покидання був вже частково автоматизований: досить було смикнути важіль, піротехнічний стріляючий механізм викидав крісло з літака, вводився парашутний каскад (стабілізуючий, потім гальмівний і основний). Найпростіша барочасова автоматика забезпечувала тільки затримку за часом і блокування по висоті (на великій висоті парашут відкривався не відразу). При цьому затримка була постійною і забезпечувала оптимальний результат тільки на максимальній швидкості.

Оскільки один тільки стріляючий механізм (обмежений габаритами кабіни і фізіологічними можливостями пілота по стерпним перевантаженням) не міг викинути льотчика на потрібну висоту, наприклад, на стоянці, в 1960-х роках крісла почали оснащувати другим ступенем - твердопаливним ракетним двигуном, який починає працювати після виходу крісла з кабіни.

Крісла з таким двигуном прийнято відносити до третього покоління. Вони забезпечені більш досконалою автоматикою, причому зовсім не обов'язково електричною. Наприклад, на перших кріслах цього покоління, розроблених НВП «Зірка», парашутний автомат КПА з'єднувався з літаком двома пневмотрубками і таким чином налаштовувався на швидкість і висоту. З тих пір техніка зробила крок далеко вперед, але всі сучасні серійні катапультні крісла відносяться до третього покоління - британське Martin Baker Mk 14, американські McDonnell Douglas ACES II і Stencil S4S, а також знамените К-36ДМ.

До речі, на Заході авіабудівні компанії починали розробляти засоби порятунку пілотів самостійно (у нас те ж саме було в 1940-1950-х), і лише з 1960-х почалася уніфікація, і на ринку залишилися британська компанія Martin Baker і американські McDonnell Douglas і Stencil . У нас катапультні крісла, як і інше польотне спорядження, з 1960-х років робить тільки НПП «Зірка». Це дуже благотворно позначається на бюджеті тих, хто експлуатує техніку (особливо якщо в частинах стоїть на озброєнні не один тип літаків, а кілька).

Унікальність нашого підходу до засобів порятунку, полягає в тому, що вартість підготовки кваліфікованого пілота оцінюється в \$10 млн. Це майже половина вартості самого літака. Тому ми з самого початку вирішили не просто рятувати пілота за будь-яку ціну, як це роблять на заході, а рятувати без травм, щоб він надалі міг повернутися в стрій. Після катапультування за допомогою наших крісел 97 відсотків пілотів продовжують літати.



Характеристики засобів аварійного покидання повинні повністю відповідати можливостям літаків. Якщо крісло може врятувати пілота на швидкості 1400 км/год, то на швидкості 800 км/год це буде зробити набагато простіше. Тому К-36ДМ - надзвичайно складна система, аналогів якої немає ніде в світі.

В першу чергу крісло повинне захищати пілота (ще до катапультивання) - від втоми. Крісло - це робоче місце пілота, де він проводить багато годин, і воно має бути максимально зручним. Тому сидіння і спинка крісла особливим чином профільовані, є підгонка по зросту і по нахилу спинки (в останніх моделях).

Але, припустимо, літак терпить аварію і льотчик змушений катапультиватися. Ослаблені ремені можуть привести до пошкодження хребта. Щоб мінімізувати ризик такої травми, потрібно змусити льотчика прийняти правильне положення. Тому механізм крісла в першу чергу притягує плечі пілота до спинки. Піропритяг плечей є на всіх сучасних катапультильних кріслах (і навіть в сучасних автомобілях), але К-36 притягує ще й поясний ремінь. Ще одна ступінь фіксації - бічні обмежувачі рук (тільки у К-36). Вони забезпечують додатковий захист і бічну підтримку льотчика (при обертанні літака по крену сила Коріоліса прагне викинути льотчика з крісла).

Наступний небезпечний фактор - це повітряний потік після виходу з кабіни. На будь-які виступаючі частини тіла пілота діють гігантські навантаження - наприклад, ноги повітряним потоком може просто зламати. Тому на всіх сучасних кріслах гомілки фіксуються спеціальними петлями, але тільки К-36 оснащено ще й системою підйому ніг - крісло як би «групує» льотчика (при цьому ризик зламати гомілку знижується). Крім того, К-36 оснащено висувним дефлектором, що захищає груди і голову льотчика від повітряного потоку під час катапультивання на високих швидкостях (до 3 Махів!). Всі ці захисні фактори діють без участі пілота і займають всього 0,2 секунди.

Положення літака в момент катапультивання може бути довільним. Але залишив кабінку крісла потрібно надати вертикальне положення. Це робиться за допомогою двигунів корекції по крену, розташованих за заголовником, і двох висувних штанг зі стабілізуючими парашутами. Вертикальне положення крісла забезпечує можливість максимально використовувати імпульс ракетного двигуна і набрати висоту, а також забезпечити захист від повітряного потоку за допомогою вже згаданого дефлектора. Крім того, саме таке положення льотчика дає йому можливість витримати великі перевантаження гальмування (в напрямку «груди-спина»).

Західні катапульти крісла дозволяють розкривати парашут при 400 км/г. Парашут К-36 може вводиться на швидкості до 650 км/г, час гальмування, а отже, висота безпечного катапультивання виходить менше. За статистикою 90% катапультивання відбувається на малих висотах і швидкостях менше 700 км/г.

Парашут розташований в заголовнику, при його відстрілюванні крісло отримує протилежний імпульс і відділяється. А цілий і неушкоджений льотчик на парашуті плавно опускається на землю. Стороннім спостерігачам це здається дивом, але найкраще про це сказав Гай Северин: «Автор цього дива - унікальне крісло К-36ДМ, розроблене в НПП Зірка». [2]

Існуюча на зорі авіації думка про те, що кожна людина, що піднімається в повітря, будь то пасажир або льотчик, повинен бути забезпечений парашутом, багаторічної практикою не підтверджувалося. Навіть в умовах повної впевненості людини в безпеці застосування парашута він повинен був мати неабиякі нерви і, головне, навички для здійснення стрибка в безодню з падаючого (руйнуючого або палаючого) літака.

Ще в 1920-х рр. з'явилися проекти колективного порятунку пасажирів методом відділення від літака всієї пасажирської кабіни, з якої потім випускалися великі парашути. За задумом конструкторів, які запропонували

таку систему колективного порятунку, кабіна повинна була плавно опустити пасажирів на землю. При цьому малося на увазі, що члени екіпажу, які мали індивідуальні парашути, покидали літак самостійно.

Проект виявився практично нездійсненим з конструктивних міркувань, хоча його творці отримали патенти. Відокремлювані кабіни вперше з'явилися тільки на військових і експериментальних літаках на початку 1950-х рр.

В США в 1947 р проаналізувавши випадки які трапилися за сім попередніх років з різних причин в цивільній (комерційній) авіації 48 великих катастроф. Аналіз цих катастроф дозволив класифікувати їх за такими чотирма групами.

1. Катастрофи, що відбуваються в процесі зльоту літаків, в основному через відмову техніки чи помилки екіпажу.

2. Катастрофи, що відбуваються в процесі посадки, головним чином в дуже поганих погодних умовах. Основними причинами подібних катастроф були переліт і приземлення за посадковим знаком «Т», посадка з викочування літака за межі злітно-посадочної смуги (ЗПС) або льотного поля, приземлення до початку ЗПС, маневрування під низькою суцільною хмарністю (з дуже малою висотою нижньої кромки хмарності ) і зниження в умовах, коли видимість по висоті нижче допустимої межі.

3. Катастрофи при трасових перельотах на невеликих і середніх висотах через зіткнення з горою під час польоту за приладами в складних метеоумовах.

Катастрофи, в яких, на думку фахівців, які проводили розслідування їх причин, була можливість використання персональних парашутів.

З 48 катастроф, за якими були проведені розслідування, в останню категорію потрапило лише 12. Вивчення показало, що в більшості з 12-ти

згаданих випадків підстави для застосування парашутів були недостатніми або, принаймні, дуже слабкими.

В основному ідея задоволення вимог про застосування персональних парашутів для пасажирів на цивільних літаках отримала негативну оцінку фахівців, оскільки з фізіологічних причин, як стверджували медики, не всі пасажирів зможуть здійснити стрибок з парашутом. Цьому значною мірою сприяв і проведене опитування 529-ти представників авіапромисловості і бізнесменів, яким було поставлено питання: «Чи потрібно вводити парашут до складу стандартного устаткування цивільних літаків і чи потрібні на борту таких літаків персональні рятувальні парашути?» На першу частину питання позитивну відповідь дали 69% представників авіапромисловості і 83% бізнесменів, а на другу - відповідно 55 і 63%. З 414-ти опитаних пасажирів лише 51,9% висловилися за застосування на борту цивільних літаків рятувальних персональних парашутів. Решта утрималися від будь-яких експертних оцінок і висловлювань.

З огляду на результати опитування, авіапромисловість США і авіакомпанії, які експлуатують цивільні літаки, остаточно відмовилися від ідеї застосування на них персональних рятувальних парашутів і зосередили свою увагу на вдосконаленні пасажирських крісел і системи прив'язних ременів. Дані заходи, поряд з роботами по підвищенню надійності літаків і їх бортового обладнання, стали основою підвищення рівня безпеки екіпажів і пасажирів на всі наступні роки розвитку цивільної авіації аж до сьогодення.

Точно так же вирішили ці питання і літакобудівні фірми, що виробляють пасажирські літаки в інших країнах.

Засобами порятунку на сучасних пасажирських літаках є: протидимні і кисневі маски, гумові трапи, човни-баркаси на 10...15 чоловік з запасом продовольства, питної води і спорядження.

На всіх пасажирських і військових літаках в період їх льотних випробувань і доведення парашутну техніку продовжували використовувати. Парашутні системи ускладнювалися, ускладнювалися і проблеми, пов'язані з їх експлуатацією. Основною проблемою був тип застосовуваного для виготовлення систем матеріалу. Практично до закінчення другої світової війни основні елементи парашутів виготовляли з натурального шовку. Через деякий час парашути вражалися мільдю, гнили і стиралися. На тканини з часом з'являлися стерті нитки і вузлики. Тому через кожен місяць доводилося здійснювати перевірки з використанням ручної праці, і нерідко це призводило до появи додаткових ушкоджень окремих елементів парашута або погіршення їх стану, а отже, до скорочення терміну служби, який в кращому випадку визначався сімома роками.

З приходом на зміну шовку нейлону та інших синтетичних матеріалів були зняті з порядку денного проблеми боротьби з ушкодженнями парашутів мільдю та загниванням тканини. Значною мірою були зменшені стирання на поверхнях, що труться. Однак перший час після введення нейлону інтервали переукладання парашутів і їх термін служби залишалися тими ж, що і при використанні в якості основного матеріалу шовку. Більш того, практика показала, що нейлон, як і з'явився незабаром кевлар, з часом втрачають свої міцнісні та інші властивості.

Виявилося, що головними причинами погіршення зазначених властивостей парашутів, виготовлених з нейлону і кевлара, є вплив на них сонячного випромінювання. Поблизу джерела світла або при тривалій експозиції вони також не витримують впливу флуоресцентного світла. Оскільки сонячне випромінювання найбільший вплив робить на розкритий парашут, то кращим заходом для зменшення такого впливу на парашут було визнано збільшення періоду переукладання.

Вплив на нейлон різних видів випромінювання було детально вивчено на початку 1960-х рр., і це допомогло зменшити ступінь і швидкість

деградації (виходу з ладу) матеріалу під впливом даних несприятливих факторів.

Немає достатніх доказів того, що лише прогресуюча деградація матеріалу парашута є причиною його старіння. Найбільшою мірою матеріал старіє в результаті впливу на нього несприятливого навколишнього середовища. Вивчення цього питання показало, що стан нових, які не використовувались ще парашутів, які зберігалися на складі протягом семи років, несуттєво відрізнялася від їх первісного стану. По ряду парашутних систем не було відзначено неприпустимих відхилень їх технічного стану навіть після 12-ти років зберігання.

Повний термін служби парашута в значній мірі скорочується також за рахунок впливу на тканину різних хімічних речовин. Багато хімічних речовин (бензин, гас, масла, луги і т.і.) Можуть безпосередньо руйнувати матеріал і приводити до зменшення його міцності, збільшення проникності і, як наслідок, до погіршення льотно-технічних характеристик парашута.

Забруднення матеріалу хімічними речовинами зазвичай легко виявляється при регулярних візуальних оглядах парашутів і при їх переукладанні.

Персональні рятувальні парашути, як в процесі переукладання, так і при щоденному їх використанні (при надяганні і зніманні), схильні до зносу, що може призводити до погіршення їх характеристик і зменшення повного терміну служби.

Вплив прямих сонячних променів і вологості також значно скорочує технічний ресурс парашутних систем.

Для сучасних систем аварійного порятунку характерне розміщення рятувальних парашутів безпосередньо в кріслах членів екіпажу, що виключає необхідність зняття парашутних укладок з літака після польоту і постановки їх назад перед черговим польотом.

Для систем, що вводяться в дію автоматично без участі екіпажу літака, інтервали переукладання парашутів істотно збільшуються. Однак укладання таких парашутів складніше, а отже, вище і ймовірність появи при укладанні помилок. Тому для технічного обслуговування подібних парашутів необхідні кваліфіковані парашутоукладчики. У цьому випадку помилки при укладанні стають винятком. Про це переконливо свідчить той факт, що в процесі спеціальних досліджень в США з 5500 проведених такими фахівцями укладок комплексних парашутних систем було допущено всього 14 помилок. У той же час дані дослідження показали, що при кожному укладанні можна було зробити до 100 помилок.

У встановленні терміну служби парашутів велику роль відіграють також економічні міркування. Наприклад, укладання комплексних парашутних систем є надзвичайно складною справою, вимагає багато часу на проведення всіх операцій з підвищеною надійністю, а отже, це дорого. Тому розробники прагнуть до максимальних інтервалів переукладання парашутів.

Іноді підвищення вартості експлуатації парашутних систем сприяє їх низька експлуатаційна технологічність. Наприклад, вилучення парашута з деяких крісел вимагає практично повного розбирання їх контейнерної частини і займає багато часу, що неминує підвищує вартість обслуговування.

Прилади автоматичного відкриття парашутів, піропатрони і порохові заряди, що призводять в дію автоматику, мають обмежений технічний ресурс, який зазвичай менше, ніж повний термін служби парашута. Ці прилади періодично перевіряють чи замінюють на нові, що неминує веде до зменшення тривалості інтервалів переукладання парашутів.

По кожній конкретній парашутній системі повинен бути оцінений перелік параметрів, які найбільшою мірою впливають на її експлуатаційні якості і надійність. Тільки на основі детального аналізу в армії США,

наприклад, в 1959 р для парашутної системи літака Т-10 був встановлений повний термін служби з моменту її виготовлення до списання 7 і 10 років в залежності від кліматичної зони, в якій здійснювалася експлуатація даних літаків. На початку 1970-х рр. на основі вивчення та перевірки на парашутні системи літака Т-10 були відповідно встановлені граничні терміни експлуатації - 12 років і зберігання в резерві - 13 років. Були встановлені інтервали переукладання парашутів, які перебувають в експлуатації, 120 діб, а резервних (при зберіганні їх на складах) - до 12-ти місяців.

Десантні парашути всіх типів експлуатуються по їх стану, що визначається при перекладці. При цьому було вжито заходів щодо підвищення їх контролю та ремонтпридатності. Для проведення ремонту було рекомендовано використовувати лише матеріали, термін зберігання яких після виготовлення не менше п'яти років.

Для всіх рятувальних парашутів військово-морських і військово-повітряних сил США були встановлені: термін служби - 10 років і інтервали переукладання - 120 діб. Виняток склали парашутні системи літаків А-10, Р-15 і Р-16, для яких були встановлені інтервали переукладання 12 міс.

На початку 1983 року на бомбардувальнику В-1В була застосована парашутна система, для якої були визначені: термін служби - 13 років і інтервали переукладання - 60 міс.

В останні роки іноземний друк повідомляє про можливість встановлення терміну служби парашутних систем з моменту їх виробництва до 15-ти або навіть 20 років. Ці цифри розглядалися стосовно парашутної системи рятувального модуля літака Р-111. Причому для даної системи інтервали переукладання були збільшені до 66 міс. Ведуться роботи по продовженню терміну служби парашутної системи літака А-10 до 13-ти років в подальшому - до 20-ти років. Основний упор робиться на забезпечення умов переходу до тривалих інтервалах переукладання, порівняним з



терміном служби парашутних систем. Ставиться завдання збільшення максимального інтервалу переукладання приблизно з 5 до 20-ти років.

Сучасні парашути розраховані на те, щоб витримати динамічний удар при розкритті, що перевищує 3275 кг. Така величина достатня, оскільки вважається, що людина не може витримати ударне навантаження понад 20 т, прикладену протягом більше 3 с. Це середня тривалість проміжку часу, за який розкривається купол парашута. Льотчики-випробувачі успішно викидалися з парашутом на швидкостях вище 960 км/год, що говорить про достатню міцність парашутів.

Льотчики і члени екіпажів нешвидкісних літаків використовують, як правило, один з трьох типів парашутів: наспинний, нагрудний або підкладний (на який сідають). У спортсменів і десантників в комплект входять два парашута: основний і запасний. Основний, як правило, кріпиться на спині, запасний - на грудях. Витяжні кільця будь-яких парашутів розміщуються в таких місцях, де їх найзручніше дістати правою рукою, проте вони можуть бути приведені в дію і лівою.

Підвісні системи всіх парашутів, незалежно від типу, можуть бути відрегульовані і підігнані по фігурі людини. Вільна або занадто затягнута підвісна система не тільки незручна, але і просто небезпечна. Коли підвісна система правильно відрегульована, парашутисту не загрожує небезпека випасти з її лямок або отримати тілесні ушкодження, садини або здавлювання.

Швидкорегулюємі сполучні вузли підвісної системи працюють на принципі фрикційного фіксатора. Якщо за лямку, що проходить через такий замок, потягнути, то рухливий ковзний стрижень, навколо якого обведена лямка, переміститься в бік натягу, затиснувши лямку між собою і нерухливим стрижнем замку.

Всі льотчики (крім льотчиків пасажирських літаків) мають підвісну систему: поясні і плечові ремені. Повітряні течії можуть раптово підняти і опустити бойовий літак на 60 ... 80 м в лічені секунди. Для утримання льотчика в кріслі надійним засобом служить комбінація поясного і плечових ременів. Поясний ремінь утримує тіло льотчика від переміщень по вертикалі, а плечові - не дають йому переміститися вперед.

Прив'язні ремені для пасажирів на пасажирських літаках не мають в своєму складі плечових ременів (на військово-транспортних літаках для перевезення десантників такі ремені частіше всього присутні).

Механізми плечового притяга багатьох крісел мають інерційні стопори, які дають членам екіпажу трохи більшу свободу в пересуванні вперед. Наявність інерційного стопора дозволяє людині більш вільно нахилитися вперед при виконанні своїх обов'язків на борту і при цьому залишатися захищеним від раптового зусилля гальмування (негативного прискорення), що перевищує 2,0 ... 2,5 g. Трос або лямка, витягнуті з інерційного стопора на будь-яку довжину, в момент удару затискаються намертво, запобігаючи подальше переміщення тіла вперед, яке може привести до згубного зіткнення з елементами конструкції літака в разі відмови інерційного стопора. Механізми без інерційного стопора мають лямки обмеженої довжини, що виключає удар об приладову дошку.

Катапультні крісла перших поколінь не мали вбудованих систем і нічим не були пов'язані з індивідуальним парашутом льотчика, крім фала. Льотчик міг врятуватися, не катапультуючись, двома способами. При першому способі льотчик міг відокремитися від літака, вибравшись із кабіни. Після цього за допомогою кільця вручну розкривав індивідуальний парашут. Цей метод можна застосовувати на швидкостях до 500 км/год, так як на великих швидкостях існує велика вірогідність не вибратися з літака, а вибравшись, отримати важкі травми.

Другий спосіб більш безпечний, ніж перший. Після скидання ліхтаря льотчик відстібається від крісла і, задавши ручкою літака негативне перевантаження, викидається з кабіни під впливом цього перевантаження.

На катапультичних кріслах наступних поколінь з'явилися крісельні стабілізуючі парашутні системи, головною метою яких була стабілізація і зниження поступальної швидкості вистріленого з літака крісла з перебуваючим в ньому льотчиком і стабілізований спуск льотчика з кріслом під час катапультивання на великих висотах (більше 3000 ... 5000 м).

Так наприклад, на широко поширеному катапультичному кріслі КМ-1М (рис. 1.2), встановленому на винищувачах МіГ-21, МіГ-25 і МіГ-23, застосовується рятувальна парашутна система ПС-М, яка є невід'ємною частиною крісла катапульти КМ-1М і призначена для порятунку льотчика після аварійного покидання літака над сушею і водою. Система ПС-М забезпечує два режими роботи: штатний і автономний.



Мал. 1.2. Крісло-катапульта КМ-1М, встановлюється на літаках МіГ 21, МіГ-23, МіГ-25, МіГ-27.

Робота за штатною схемою здійснюється автоматикою і агрегатами крісла катапульти, запрограмованими на висоту і час спрацьовування залежно від режимів польоту літака в момент покидання. Відповідно до цієї схеми, в дію послідовно вводяться три каскади парашутів: перший і другий стабілізуючі і основний. Перший і другий стабілізуючі парашути призначені для стабілізації крісла з льотчиком і гасіння швидкості руху крісла з льотчиком до швидкості, допустимої для введення в дію основного рятувального парашута льотчика.

У разі порушення роботи системи ПС-М за штатною схемою або при вимушеному покиданні літака без катапультиування льотчик може самостійно (автономно) відокремитися від крісла тільки зі своїм рятувальним парашутом і ввести в дію його автоматично або вручну за допомогою витяжного шарового парашута.

Перший стабілізуючий парашут з обертовим куполом має площу 0,1 м<sup>2</sup>. Другий стабілізуючий парашут - конусний, площа його 2 м<sup>2</sup>. Площа основного рятувального парашута льотчика 54 м<sup>2</sup>. Допускається його розкриття на істинній швидкості 111 м/с (400 км/г) на висотах від 3000 м і нижче. При покиданні літака без катапультиування на швидкостях понад 166 м/с (600 км/г) розкриття основного парашута льотчика проводиться з затримкою 5 с і більше на висотах від 5000 м і менше. Швидкість вертикального зниження в момент приземлення на основному рятувальному парашуті не більше 6 м/с. Маса парашута 8 кг (без урахування маси НАЗА, кисневого приладу КП-27М, приладів ППК-У, переносної сумки і відокремлюваних частин крісла).

Обертаючий парашут (перший стабілізуючий) призначений для розвороту крісла-катапульти по потоку на початку траєкторії польоту і гасіння швидкості руху крісла до допустимого значення для введення в дію другого стабілізуючого парашута. Купол має форму квадрата і складається з чотирьох основ трикутної форми. На зовнішню сторону основного купола

нашиті стрічки петель і кромки. Основи купола у нижньої кромки з'єднані між собою перемичками, а в полюсній частини прикріплені до металевого кільця.

Другий стабілізуючий парашут призначений для стабілізованого зниження крісла з льотчиком при покиданні з великих висот і гальмуванні швидкості руху до допустимого значення для відкриття основного парашута.

Конусний купол виготовлений з міцної тканини і має 16 основних і 4 центральні стропи з особливо міцної стрічки. Кожні 8 основних і 2 центральні стропи зведені в Стренги, що закінчуються петлями для під'єднання до крісла. Довжина стренг 4 м. Центральні стропи проходять через полюсний отвір купола і утворюють петлю для приєднання до неї розривної ланки. Центральна частина купола підсилена другим шаром тканини.

У верхній частині купола нашиті кишені, що підвищують ефективність його роботи.

Основний парашут призначений для зниження льотчика після відділення його від крісла катапульти і безпечного його приземлення. Він складається з купола і 28-ми строп. Полюсна частина купола основного парашута має 6 отворів загальною площею  $0,08 \text{ м}^2$ . Купол має круглу форму і зшитий з десяти капронових полотнищ.

Витяжний парашут основного купола має площу  $0,48 \text{ м}^2$  і призначений для утримання вершини купола від провалювання в чохлі і підтримки центральної частини купола при наповненні.

Парашутна система ПСУ-36 в комплекті з НАЗом є невід'ємною частиною крісла катапульти К-36 і призначається для порятунку льотчика після покидання літака над сушею і водною поверхнею. Застосовується на останніх типах літаків МіГ, Су і Як-38. ПСУ-36 при нормальному функціонуванні відповідних агрегатів і автоматики крісла К-36 забезпечує:

а) нормальну роботу системи при введенні її в дію на істинній швидкості руху крісла К-36 з людиною до 650 км/год на висотах до 5000 м при загальній масі системи «людина в спорядженні з НАЗом», рівній 138 кг;

б) величину перевантажень, що виникають при введенні системи в дію, не більше 16 од .;

в) стійкість при зниженні з наповненим куполом;

г) середню вертикальну швидкість зниження з наповненим куполом, наведену до умов стандартної атмосфери і масі знижувальної системи «людина в спорядженні - парашутна система», що дорівнює 100 кг, на ділянці 30 ... 35 м до землі 6 м/с;

д) масу парашутної системи не більше 12,5 кг (в тому числі масу підвісної системи 5,17 кг).

У комплект парашутної системи ПСУ-36 (мал. 1.3.) Входять: парашут з щільним куполом площею 60 м<sup>2</sup>; розривна ланка; камера і чохол; ланка зачековки і підвісна система.

Щільний купол 1 парашута призначений для безпечного зниження і приземлення льотчика. Основа купола має форму багатокутника з діаметром описаного кола 8770 мм. Вона складається з восьми секторів, розділених симетрично розташованими радіальними щілинами, виконаними розрізом посередині швів зі стикованих секторів. Краї щілин посилені радіальним каркасом і окантовані стрічками. Кожен сектор зшитий з полотна з клинами.

Основа купола має полюсний отвір діаметром 400 мм, кромка його посилена з двох сторін капроною стрічкою. Нижня кромка купола також посилена стрічкою. На основу купола нашитий радіальний каркас зі стрічки, який у нижньої кромки утворює 28 петель, посилених стрічкою, для кріплення строп. У кожної стропи, крім розташованих у наскрізних щілин,

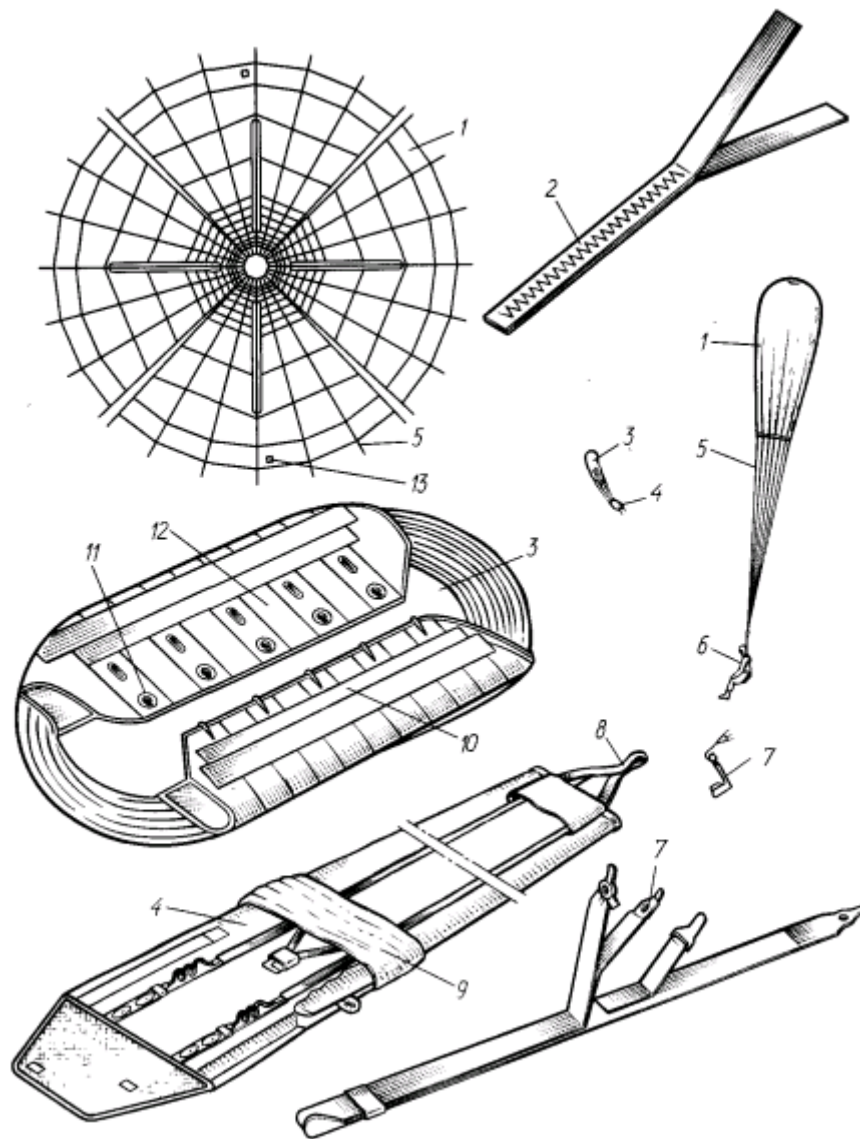
нижня кромка стягнута стрічкою, що покращує наповнення купола. Стропи також мають запобіжник **9**. На відстані 0,63 м від центру купола на основу нашитий кільцевий каркас зі стрічки. На куполі знаходиться маркування **13**.

Всі 28 строп **5** (кожна довжиною 6 м) виготовлені з капронового шнура. Одні кінці строп приєднані до петель купола, а інші - до чотирьох роз'ємних пряжках вільних кінців підвісної системи **6**. На нижній кромці купола позначені їх порядкові номери.

Розривна ланка **2** призначена для підтримки вершини купола. Ланку виготовлено з двох капронових стрічок, прошитих тарованим зигзагоподібним рядком.

Камера **3**, змонтована в заголовнику, призначена для укладання і забезпечення упорядкованого введення в дію купола парашута.

З внутрішньої сторони на основу камери пришиті два клапана - передній **12** і задній **10**. На кожен клапан настроєно по п'ять стрічок з шнурами, до яких приєднані по одній знімної ячейки гумових сотів з ранцевого шнура для укладання в них строп купола, по одній стрічці сот і по стрічці рамки, що утворює кишені для вставки укладальної рамки. На задньому клапані поставлено п'ять люверсів, в які при укладанні купола в заголовник пропускаються знімні гумові соти переднього клапана.



Мал. 1.3. Комплект парашутної системи ПСУ – 36

Із зовнішнього боку на основу камери пришито десять капронових стрічок з металевими кільцями, які служать для затягування і зачековки камери капронових шнуровим кільцем. На стрічки з кільцем нашито по одній петлі для прив'язки клапана до камери і зачековки клапана до камери. На камері біля кромки нашиті чотири петлі з капронової стрічки для прикріплення до них пряжок вільних кінців підвісної системи.

Кромка клапана окантована капронової стрічкою. На клапан нашиті три капронові стрічки для збільшення його міцності, п'ять петель - для



прив'язки клапана до камери шнурами і поставлено три люверса **11**, через які пропускаються шнурові петлі при зачековки клапана на камері.

Ланка зачековки **7** призначена для зачековки (фіксування) камери з покладеним в неї куполом і зачековки запобіжного клапана.

Підвісна система **6** незначно відрізняється від підвісної системи, наведеної при описі крісла КМ-1.

Чохол **4** купола призначений для впорядкування процесу введення купола в повітряний потік. Чохол має форму рукава довжиною 3,6 м і надівається на всю довжину укладеного купола. По всій довжині чохол посилений двома стрічками, які у верхній основі утворюють вуздечку **8** для приєднання до заголовника крісла катапульти. Чохол має систему гумових сотів і кишень, які забезпечують нормальний вихід парашута і строп.

Парашутна система ПСУ-36 вводиться в дію автоматично шляхом відстрілу заголовника з вкладеним в нього куполом. При відстрілі заголовника перерізаються поясні і плечові лямки, якими підвісна система, а отже, і льотчик були прикріплені до крісла. В результаті відстрілу заголовника разом з покладеним в нього куполом в чохлі відкидається від льотчика. Відстрелений заголовник натягує ланку зачековки камери, прикріпленої до спинки крісла. Шпильки ланки виходять з шнурових петель на камері і з петель шнурового кільця.

При подальшому русі заголовника вільними кінцями підвісної системи з розчекованої камери витягується та частина строп купола, яка покладена в гумові соти на клапанах камери. Потім виходить купол в чохлі **4**. Так як вершина чохла прикріплена до заголовника, купол в чохлі витягується на повну довжину, стропи купола витягуються з гумових стільників на чохлі. Після розчековки фартуха чохла останній сходить з купола. При цьому розривається тарований рядок розривної ланки **2**, яким вершина купола утримувалася у верхній частині чохла. Чохол **4** купола і камера йдуть разом з

заголовником. Купол наповнюється, і подальше зниження льотчика відбувається на парашуті з наповненим куполом.

Парашутні системи в авіації використовуються не тільки на відкритих катапультичних кріслах, а й в літаках, на яких застосовуються відокремлювані кабіни. У США сконструйована парашутна система для порятунку двомісного модуля кабіни літака Р-111. При аварії від літака відокремлювався модуль кабіни з екіпажем, після чого ракетний двигун піднімав його вгору. Попереднє гальмування і стабілізація модуля здійснювалися за допомогою невеликого парашута, а потім розкривався основний парашут парусного типу діаметром 21 м. Установка додаткового обладнання в модулі привела до збільшення його маси з 1270 до 1450 кг і швидкості зниження до 11 м/с. У зв'язку з цим в 1987р. створено нову парашутну систему, яка забезпечує зниження модуля зі швидкістю не більше 7,6 м/с. Система складається з трьох парашутів діаметром 16 м, які повністю розкриваються за 7 с. [3]

У світі використовується безліч крісел катапульти в таблиці 1.1. наведено кілька типів крісел і їх основні характеристики.

Таблиця 1.1

## Загальні характеристики сучасних крісел катапульти

Тип крісла, фірма	Рік випуску	Характеристики крісла						
		Безпечна швидкість катапультивання		Допустима висота катапультивання, м		Мінімальна висота, необхідна для катапультивання з перевернутого положення, м	Час спрацювання систем моменту включення до наповнення купола, с	Маса, кг
		максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна			
Мк.4, Мк.5; «Мартін-Бейкер»	1956	1100	165	15000	0	160	6,5	140
Мк.6, Мк.7; «Мартін-Бейкер»	1961	1100	0	15000	0	160	6,5	140
ESCAPAC-I, ESCAPAC-II; «Дуглас»	1972	1100	0	15000	0	60	—	68
Мк.10; «Мартін-Бейкер»	1961	1150	0	15000	0	107	2,5	90,3
S-III-S-3;	1972	1150	0	15000	0	60	2,5 и 2,2*	60
ACES-II; «Дуглас»	1975	1150	0	15000	0	60	2,8 и 1,8*	-
S-III-S-3 з системою керування вектором тяги; «Стенсел», «Грумман»	1986	1150	0	15000	0	20	2,5 и 2,2*	74
ACES-II з системою керування вектором тяги; «Дуглас»	1986	1150	0	15000	0	20	2,5 и 1,8*	74
Мк.12; «Мартін-Бейкер»	1986	1150	0	15000	0	60	2,4 и 1,9*	60
* Час спрацювання систем при швидкості польоту до 500 км/ч.								

## **1.2. Сучасні конструктивні рішення направлені на підвищення ймовірності порятунку пілота при аварії літака.**

З середини 1940-х рр. в СРСР велися пошуки оптимальних рішень в області створення засобів порятунку, так як швидкості літаків вийшли за межі можливості їх покидання за рахунок м'язової сили екіпажів. Матеріалів для вирішення виниклих проблем, пов'язаних з цією тематикою, в Радянському Союзі практично не було. Їх необхідно було накопичувати як з технічних, так і по фізіологічних аспектах.

Вирішення завдання щодо викидання крісла з льотчиком на висоту, достатню для перельоту через кіль літака, без перевищення при цьому фізіологічних можливостей людини, потребувало проведення великих розрахункових, конструкторських і експериментальних робіт. Вони проводилися на наземних стендах з манекенами і випробувачами, а потім і на літаючих лабораторіях спочатку з манекенами і тільки після накопичення необхідної кількості експериментального матеріалу - з людиною.

Теоретичне обґрунтування при створенні нових систем катапультування взяли на себе молоді в той час вчені А.В. Чесалов і Н.С. Строев. Результати проведених ними робіт були поміщені в журналах «Техніка Повітряного Флоту» № 10 за 1946 року і № 2 за 1947 р Вчені розробили технічні вимоги до нових систем, при цьому, в співдружності з авіаційними медиками, врахували фізіологічні можності людського організму.

Цінність виконану в той час роботи дуже велика. Деякі висновки, зроблені Чесаловим і Строевим більше сорока років тому, не втратили своєї значущості і в наш час. Крім того, ці роботи свідчать про велике значення, яке надавалося в нашій країні питанню створення ефективних засобів аварійного покидання літаків.

Велика робота при створенні нової техніки по рятуванню екіпажів була проведена в ОКБ, яке очолював на той час головний конструктор А.І. Мікоян, за участю працівників ЦАГИ, ЛІИ та Інституту авіаційної медицини. Це були дуже ерудовані фахівці, не раз продемонструвавши свою винахідливість, фанатичну відданість своїй професії, справжні ентузіасти. В плеяду конструкторів, створивших катапультне крісло, входили С.Н. Люшин, В.М. Беляєв, Є.Г. Шварцбург, канд. техн. наук і майстер спорту Р.А. Стасевич, лікарі П.К. Ісаков, В.Л. Комендантів, А.В. Левашов. Вони були першопроходцями цієї нової галузі техніки, а в подальшому і науки, покликаної рятувати екіпажі. Важко розповісти про всіх, хто брав участь у створенні першого крісла катапульти, але на одній колоритній фігурі зупинитися варто.

Сергій Миколайович Люшин, ще будучи зовсім молодим, захопився планеризмом. Вже в 1923 році він брав участь у роботі гуртка К.К. Арцеулова «парящий полет». Його захопленість планеризмом була настільки велика, що навіть мала рухомість кисті лівої руки, яка проявилася в ранньому дитинстві в результаті хвороби, не завадила йому займатися проектуванням і будівництвом планерів, а в подальшому і польотами на них.

У 1928 р в Коктебелі він знайомиться з легендарною особистістю - Сергієм Павловичем Корольовим, теж ентузіастом планерного спорту. Дружба цих двох непересічних спеціалістів пройшла через все їхнє життя. Разом вони літали на планері «Дракон» Б.І. Черановським, разом в 1929 р розробили рекордний планер «Коктебель», на якому після кількох випробувальних польотів льотчика К.К. Арцеулова літали самі. На цьому планері було виконано велику кількість ширяючих польотів в районі гори Узин-Сирт в Коктебелі в Криму. А в 1930 р польоти відбувалися вже на наступному їх дітищі - планері «Червона зірка».

У цей період на планерних зльотах сталася зустріч, яка завершилася довгою, також пройшла через все життя, дружбою С.Н. Люшина з О.К. Антоновим - творцем багатьох планерів і літаків.

Чимало зусиль доклав С.П. Корольов, щоб долучити С.Н. Люшина до польотів на літаках - медичні комісії не допускали його до польотів через дефект лівої руки. І все ж С.П. Корольову вдалося домогтися для нього дозволу. С.Н. Люшин освоїв і цю професію.

Працюючи під час війни у головного конструктора С.А. Лавочкина, С.Н. Люшин значно примножив свій досвід в оперативному вирішенні конструкторських завдань. Та й саме по собі спілкування з людьми, буквально начиненими технічними ідеями та наелектризованим авіаційним ентузіазмом, дозволило йому накопичити багатий досвід, який сприяв вирішенню виникаючих питань в зовсім новій справі створення катапультних крісел.

Ось як згадував сам С.Н. Люшин про цей час: «На довгому рейковому шляху, круто, майже вертикально, шовшому вгору, рухався візок, який приводив у дію стріляючий механізм. Є.Г. Шварцбург підбирав заряди, щоб отримати потрібне перевантаження, а Р.А. Стасевич розраховував траєкторії. Катапультували манекени, тварин і, нарешті, зважилися на більш серйозний досвід. У співпраці з лікарями підібрали елементи крісла до людини, орієнтуючись на форму тіла Ростислава Андрійовича Стасевича.

Точкою відліку при розміщенні крісла стало око пілота - лінія прицілювання. Потім визначили кут між спинкою і чашкою сидіння, кут заголовника, до якого повинна була щільно притискатися голова, приробили упори для рук і ніг, поставили «спину» (форму спини).

Час від часу Стасевич давав оцінку: «Боляче! Незручно! А так, мені здається, краще ... ».

Всі буквально танцювали навколо Стасевича. Його слово на цій стадії було законом. Відрізали, приварювали, знову відрізали і знову приварювали. Поки, нарешті, Р. А. Стасевич не перестав скаржитися. Після того як визначилися основні контури крісла, виконали з металу його схему, медики та антропологи ретельно проаналізували статистику (у різних людей довжина корпусу, рук, ніг різні), видали інженерам розміри і зайнялися остаточним відпрацюванням крісла. При цьому одна ланка майбутньої системи порятунку все ж залишалася незрозумілою - піропатрон. Треба було точно визначити силу порохового заряду. Теоретично вирішити цю задачу неможливо. Довелося експериментувати підбором.

Шість випробувачів, шість здоровенних, кремезних хлопців, повинні були триматися до можливої межі переносимості, до крайності, яку можна витерпіти, перемагаючи біль. Після кожного досвіду негайно робилися аналізи, перевірявся стан організму.

Випробувачі ще не встигли приступити до роботи, коли раптово проявили пильність фінансові органи.

В чому справа? Чому за випробування, що проводилися на землі, виплачується настільки високу винагороду?

Сперечатися, переконувати фінансистів було ніколи, і С.Н. Люшин наказав приступити до експерименту. Обклеєний датчиками (незабаром так стали обклеювати космонавтів), випробувач сідав в крісло на візку і після команди: «Приготуватися! ... Прилади! ... Пішов! » виробляв залп з двох тридюймових гармат, розганявши візок. Через мить її різко зупиняли гальма. Так виникало величезне перевантаження.

Одного разу, коли гармати були заряджені і випробувач зайняв робоче місце, біля стенду з'явився начальник інституту з якимись людьми і запитав С.Н. Люшин: «Куди можна поставити цих товаришів?» Товаришів поставили, сховали за захистними броньовими плитами.

Черговий залп тридцятихвилин зняв всі грошові ускладнення. Фінансисти переконалися, що платять випробувачам не дарма ... »

На землі людський організм виніс струс, що не передбачений природою. Чи пройде все благополучно і в повітрі? Лікар-фізіолог П.К. Ісаков довів колегам, що різке збільшення частоти пульсу, підвищення кров'яного тиску, зміна біоелектричних показників мозку - не наслідок перевантажень, а лише природна психологічна реакція випробувача в очікуванні експерименту.

Залишалося переконатися, що крісло благополучно пройде над кілем. На невеликій галявині в лісі біля дослідного аеродрому поставили катапульту з тим же нахилом направляючих і з тією ж довжиною стріляючого механізму, що і на літаку. Приміщення, де готували матеріальну частину до експерименту, назвали препаратурською, галявину, де проводили експерименти, - полігоном. Там довго гриміли постріли, цокотіли кіноапарати. Кінокадри дозволили викреслити точні траєкторії польоту крісла з манекеном.

Льотні випробування вирішили провести на бомбардувальнику Пе-2, перетвореному в літаючу лабораторію. Його двукільове рознесене оперення зводило ризик зіткнення льотчика з ним до мінімуму. В кабіні стрільця-радиста змонтували направляючі рейки, по яких, залишаючи літак, буде ковзати крісло з манекеном. Маса і розміри манекена відповідали даним «середнього льотчика».

Чи не все йшло гладко в цих експериментах. Після виходу з кабін крісло погано стабілізувалося, попросту перекидалося. Інженери і випробувачі знову переглядали кіноплівки, зняті кінокамерами з борта Пе-2. Розбір матеріалів зйомок дозволяв приймати рішення по доопрацюванням крісла, зокрема по створенню пристрою для його стабілізації, по більш щільній фіксації і т.д. Нарешті, настав день, коли людині потрібно було замінити манекен.



24 липня 1947 р в одному з підмосковних аеродромів незвична хвилююча тиша. Злітно-посадкові смуги порожні, всі польоти закриті. Тільки на одній з доріжок - літак Пе-2, поруч - літак-кінооператор. Під'їхав автокран, легко підхопив крісло, в якому вже сидів випробувач, і поставив в кабіну літака Пе-2. Інженери і техніки під'єднали проводку записуючої апаратури, систему пострілу. Все готово для зльоту.

Випробувачем в цьому ризикованому польоті був досвідчений парашутист Гавриїл Опанасович Кондратов. За його плечима було близько семисот стрибків з парашутом в самих різних, часом несподіваних ситуаціях. Готовий в будь-який момент піднятися в повітря, чергував санітарний літак, поруч стояли автомобілі, на річці курсувала моторний човен. Успішним катапультиванням з бомбардувальника Пе-2, переобладнаного під літаючу лабораторію, парашутист-випробувач Г. А. Кондрашов відкрив в Радянському Союзі рахунок покидання літака за допомогою подібних пристроїв. Катапульта стала з цього часу штатним спорядженням всіх радянських реактивних літаків.

Перше катапультине крісло для літаків МіГ було створено і випробувано в 1947р. У 1948 р після впровадження цього крісла в серійне виробництво авторському колективу у складі А.І. Мікояна, М.І. Гуревича, Н.З. Матюка, А.Г. Брунова і С.Н. Люшина була присуджена Державна премія.

Всі конструктивні труднощі систем аварійного покидання літака визначаються обмеженою здатністю людського організму протистояти навколишньому тиску, силі і прискоренню. Безперервно змінювалися характеристики літаків винищувальної авіації і тактика її застосування значно ускладнювали умови функціонування засобів рятування, що призводило і призводить до зниження їх ефективності. Ці обставини зобов'язують конструкторів постійно вести пошуки нових рішень.

Крісла створювалися паралельно з теоретичними дослідженнями, коли наслідки, до яких могло призвести потрапляння в швидкісний повітряний потік льотчика з незафіксованими кінцівками і незахищеним обличчям, ще не були достатньо вивчені. Незрозумілі були і наслідки залишення на малих висотах. Основним завданням був примусовий викид льотчика з кабіни.

Крісла, що застосовувалися на літаках різних КБ, на першому етапі мало чим відрізнялися між собою. Їх експлуатація виявила ряд недоліків, в тому числі пов'язаних з дією швидкісного напору повітря на незафіксовані кінцівки і незахищене обличчя.

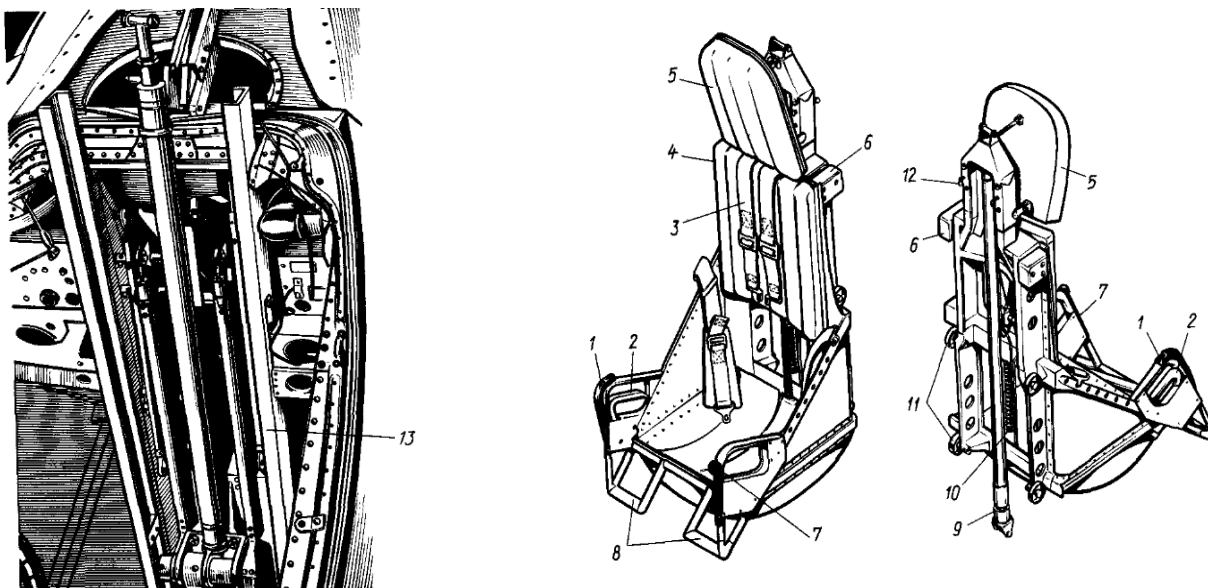
Уявити шлях розвитку тематики, пов'язаної з проблемою порятунку екіпажів, можна, розглянувши різні схеми крісел, створених у вітчизняних КБ для літаків різних поколінь, і доповнивши їх матеріалами із зарубіжної преси.

### **1.3. Основні агрегати і конструктивна схема крісла-катапульти.**

Схеми перших крісел були найпростіші. Стріляючий механізм і чашка, в яку укладався парашут, кріпилися до каркаса. На парашуті, укладеному в чашку, сидів льотчик, карабін фала для розкриття ранця парашута під'єднувався до чашки крісла. Після катапультивання льотчику необхідно було відштовхнутися від крісла, щоб «не засидітися», і тільки після цього відкривався ранець і починав наповнюватися купол парашута. На цей процес льотчику був потрібен час, залежавши від його індивідуальних властивостей і моторності, а отже, і висота, необхідна для відділення від крісла і подальшого наповнення купола рятувального парашута. Мінімальною висотою, необхідної для порятунку, при покиданні літака, який перебував в горизонтальному польоті, вважалася висота 250 ... 300 м. На рис. 1.4 показано катапультне крісло 1-го покоління. Воно застосовувалося на літаках МіГ-15, МіГ-15 біс, МіГ-15 УТІ, МіГ-17 і на деяких інших.

На кріслі були відсутні засоби для захисту обличчя і кінцівок від потоку, і тому на швидкостях вище 700 км/г покидання, як правило, закінчувалися травмами.

Статистика неблагополучних результатів катапультивання з цими кріслами накопичувалася досить швидко. Особливо страждали льотчики від впливу повітряного потоку. Велика висота польоту в момент покидання літака, необхідна для порятунку, в той час не вважалася недоліком. Ще не встигли оцінити значення «мінімальної висоти покидання», яка - незабаром стала головним фактором для забезпечення порятунку.



Мал. 1.4. Перше радянське серійне катапультне крісло (1948 г.)

*1 - зовнішній важіль аварійного скидання ліхтаря (одночасно запобіжник ручки пострілу); 2 - внутрішня ручка пострілу; 3 - плечові ремені; 4 - спинка (подушка) крісла; 5 - заголовник; 6 - дерев'яна бобишка; 7 - ручка стопоріння прив'язних ременів; 8 - підніжки крісла; 9 - піромеханізм; 10 - пружина механізму стопоріння ременів; 11 - ролики; 12 - морський болт для фіксації крісла по зросту льотчика; 13 - направляючі рейки крісла в кабіні (сидіння знято)*

Пошуки заходів, що забезпечують безпечне катапультивання екіпажу і захищають його від потоку на високих швидкостях, привели конструкторів до створення крісла 1го покоління - шторочного (мал. 1.5). Рішення було радикальне, але на той час необхідне і здавалося ефективним. Такі крісла застосовувалися на літаках МіГ-17, МіГ-19, Як-25 і ін.

Заголовник крісла був обладнаний спеціальним барабаном з намотаною на нього міцною тканиною, до якої кріпилася рукоятка. Чаша крісла обладнувалася підніжками з автоматично закриваючими захопленнями ніг.

Через деякий час на кріслах з'явилася аварійна система притягування плечових ременів, яка, притягаючи тулуб льотчика до спинки, забезпечувала йому підготовчу позу для катапультивання, оберігаючи хребет від пошкодження.

Льотчик, приймаючи рішення про катапультивання, скидав ліхтар за допомогою рукоятки, встановленої на підфонарній панелі, після чого двома руками брався за рукоятку захисної шторки, витягав її над головою вниз. Шторка, витягаючись, повертала барабан, висмикувалася чека стріляючого механізму, наколювався піропатрон. Гази патрона, що утворюються від згоряння пороху, розсовують телескопічні труби стріляючого механізму, викидаючи крісло з льотчиком з кабіни. Потрапивши в потік, льотчик повинен був відстебнути ремені, відштовхнутися від крісла і після розкриття парашута приземлитися або приводнитися.

Скидання ліхтаря та його перехоплення руки з рукоятки скидання ліхтаря на рукоятку шторки при скинутому ліхтарі нерідко закінчувалися травмою, а відстібання замку прив'язної системи ускладнювало і збільшувало час на відділення льотчика від крісла.

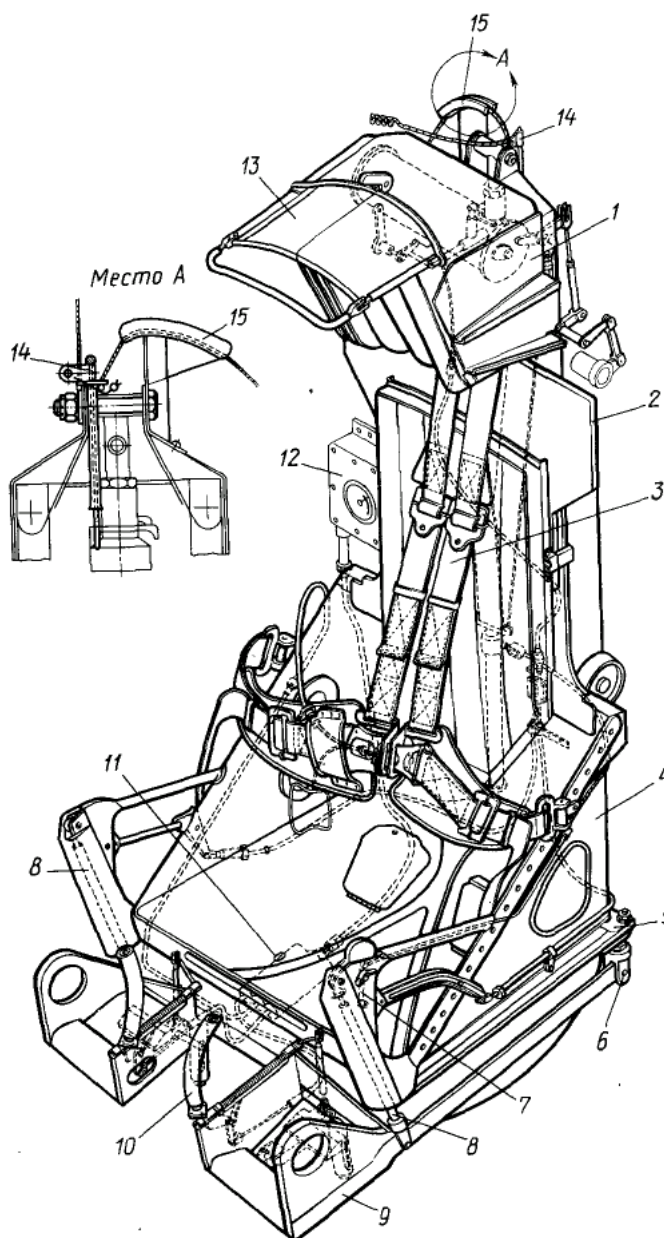


Рис 1.5 катапультильне крісло зі шторкою для захисту обличчя від зустрічного потоку:

1 - заголовник; 2 - бронезахист; 3 - прив'язні ремені 4 каркас сидіння з чашою 5 - балка каркаса; 6 - Ушковий болт; 7 - боковий поручень з рукояткою стопоріння ременів; механізм; 8 - демпфери; 9 - підніжки; 10 - система захоплень ніг; 11- пружинний механізм; 12 - автомат АТ-3; 13 - шторка; 14 - трос блокування пострілу сидіння з ліхтарем; 15 - кронштейн троса блокування пострілу сидіння, що йде до ручки автономного скидання ліхтаря.

Для скорочення часу на покидання до приводу захисної шторки спеціальною системою під'єднали механізм скидання ліхтаря, що виключило

зайву операцію. Льотчик, витягаючи захисну шторку, спочатку включав механізм скидання ліхтаря, а наступним рухом, перетягуючи її через голову, витягував чеку стріляючого механізму. Для відкриття замку прив'язних ременів було встановлено часовий автомат, який через 2 ... 3 с (в залежності від настройки) відкривав замок вже без участі льотчика. Ці удосконалення декілька покращили положення з результатами катапультивання, але статистика застосувань змусила продовжувати вживати заходів щодо зниження травматизму. Справа в тому, що у льотчиків вистачало сил утримувати захисну шторку до швидкостей 850 ... 900 км/г. На великих швидкостях рукоятку захисної шторки потоком повітря виривало з рук льотчика, позбавляючи їх опори, а обличчя - захисту. В результаті - знову травми.

Крісла з захисними шторками встановлювалися на багатьох типах літаків, в тому числі на МіГ-19, Як-25, Як-27 і ін.

В цей період вже гостро відчувався брак катапультичних установок, пов'язаний з мінімальною висотою безпечного катапультивання 250 ... 300 м. Бували випадки, коли під час катапультивання удар об землю відбувався до наповнення купола парашута. Потрібні були заходи щодо зниження мінімальної висоти для порятунку.

Розміщення парашута в чаші крісла ставило порятунок в залежність від положення крісла з льотчиком в повітряному просторі. Якщо чаша в момент поділу опинялася над льотчиком, не виключалася можливість попадання крісла в парашут, від чого він скорочувався і забезпечити порятунок уже не міг. При стабільному зниженні крісла чашою вниз льотчик міг надмірно «засидітися» в кріслі, не даючи парашуту вийти з чаші.

Усунути всі недоліки і виконати знову всі вимоги тільки доопрацюванням крісла було неможливо. З'явилася гостра необхідність у створенні нового покоління крісел, здатних забезпечити захист льотчика від

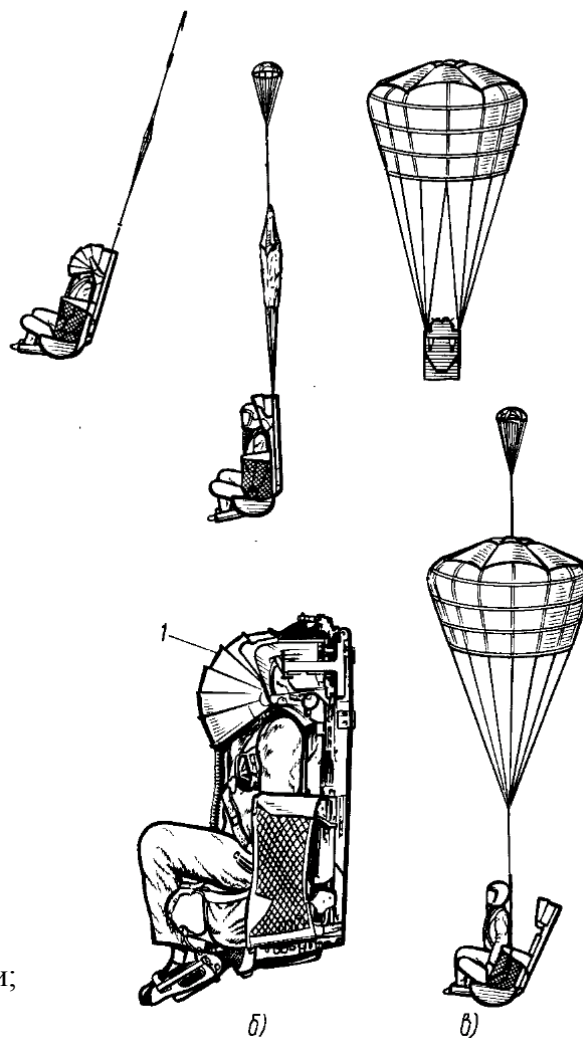
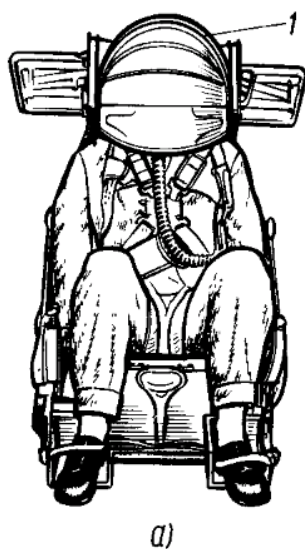
поток повітря, не побоюючись можливості зриву рук з захисної шторки, зменшення мінімальної висоти безпечного катапультивання, виключення попадання крісла в парашут, порятунок при покиданні на великих висотах і т.і.

Оскільки основним фактором, що обмежував безпечне аварійне покидання літака, був вплив повітряного потоку, були організовані всебічні стендові і льотні дослідження. Радянські вчені з ЦАГИ і ЛІИ в 1953 р встановили, що без захисту обличчя від впливу повітряного потоку катапультивання можливо тільки до швидкості 700 км/г. При проведенні катапультивання випробувача з кисневою маскою без захисту обличчя шторкою на швидкості  $V = 780$  км/год він отримав від впливу потоку повітря садна шкіри в області верхніх частин очниць і значні подразнення слизових оболонок очей.

При проведенні досліджень на наземному стенді було встановлено, що м'яка захисна шторка може забезпечити захист обличчя людини від впливу повітряного потоку тільки до швидкості 950 км/год за умови її надійної фіксації. Надійна фіксація захисної шторки руками забезпечувалася тільки до швидкості 850 км/г. Дані, отримані при катапультиванні випробувачів на великих швидкостях, показують, що вплив повітряного потоку позначається також на зону грудей і живота. Якщо до швидкості 700 км/год, зі слів випробувача, відчувається допустимий тиск на область грудей і живота, що не супроводжується порушеннями з боку дихання і серцево-судинної системи, то вже на швидкості 780 км/год вплив повітряного потоку сприймається як сильний удар, що викликає рефлекторно короткочасну затримку дихання. Подальше збільшення швидкості помітно збільшує відчуття удару в груднобрюшній порожнині, а затримка дихання на фазі вдиху при швидкості 840 км/год досягала 5 ... 6 с. На підставі цих робіт був зроблений висновок, що під час катапультивання на швидкостях польоту, що

перевищують 900 км/год, потрібен захист не тільки обличчя, але і живота, і грудей.

Реальні катапультивання підтверджували висновки по проведених дослідженнях, зарубіжна інформація свідчила про великі роботи, що проводяться в інтересах захисту льотчика від повітряного потоку, зі створення закритих, герметичних і негерметичних капсул і відокремлюваних кабін.



Мал. 1.6. Катапультине крісло

К-5 (СРСР):

а, б - види спереду і збоку відповідно;

в - порядок роботи парашутної системи;

1 захисна металева шторка «забрало»

Прагнучи збільшити допустиму швидкість і зменшити мінімальну висоту безпечного катапультивання, в ОКБ, яке очолював А.С. Яковлев, було створено катапультине крісло К-5 з металевим «забралом» (складаною



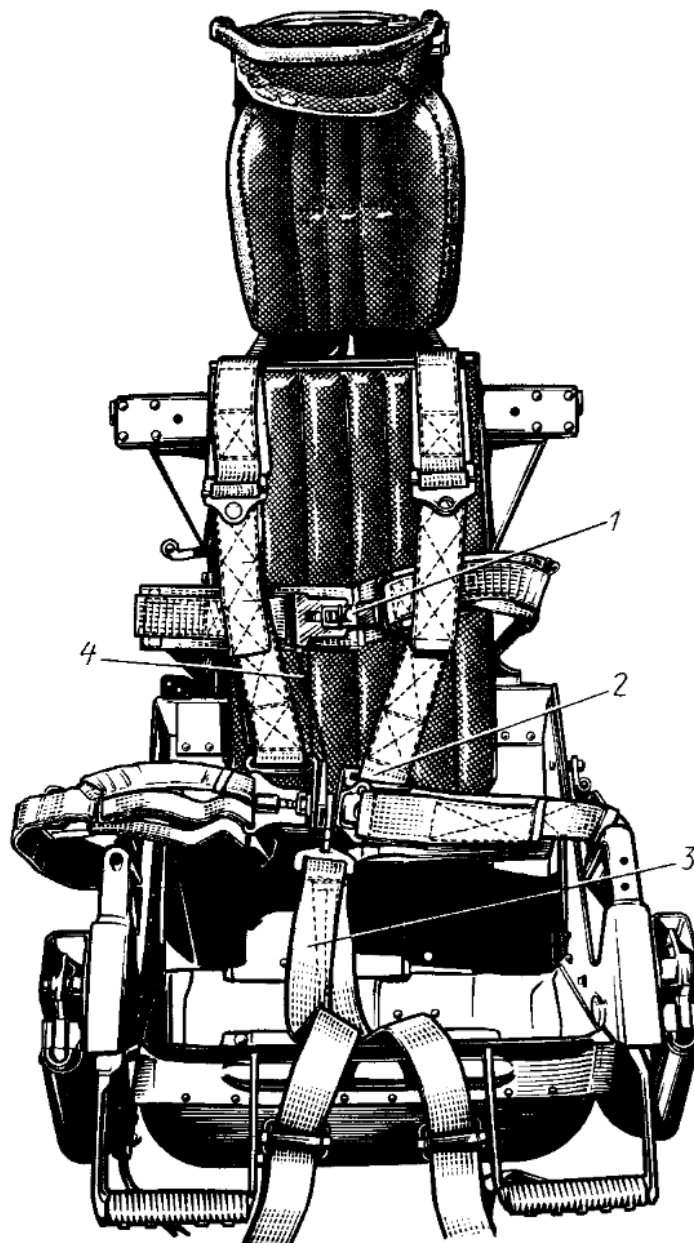
металевою захисною шторкою, розміщеною в заголовнику крісла) і трьохкупольної парашутної системи С-3 (рис. 1.6). Вона на той час мала досить прогресивні характеристики. Максимальна швидкість для катапультивання за рахунок застосування металевого «забрала» і компенсаційного костюма розширилася до 1050 ... 1070 км/год. Мінімальна висота безпечного катапультивання в горизонтальному польоті за рахунок фартуха, примусово відділяв льотчика від крісла, знизилася до 150 м. Маса крісла з льотчиком 185 кг. Забезпечувався стабілізований спуск з великих висот. Однак ймовірність відмови прибирання «забрала» перед відділенням льотчика від крісла, який неминуче призвів би до тяжких наслідків, змусила відмовитися від його застосування.

Подальші пошуки привели конструкторів до рішення про необхідність створення системи з захистом льотчика від повітряного потоку ліхтарем. Вважалося, що це буде досить ефективним засобом захисту льотчика від впливу повітряного потоку, більш простим (конструктивно) і дешевим, ніж капсула або кабіна.

Була створена експериментальна установка і проведені катапультивання з манекеном до швидкості 1000 км/год. При цьому були розроблені і досліджені стабілізуючі пристрої крісла з ліхтарем, що забезпечують безпечне катапультивання на великих швидкостях польоту. На наземному стенді були проведені дослідження переносимості людиною перевантажень гальмування з урахуванням умов катапультивання пілота в кріслі з ліхтарем, при фіксації його дослідної прив'язної системи ременів і захисною шторкою. Визначалася ефективність захисту льотчика від впливу повітряного потоку за допомогою рухомого ліхтаря кабіни.

У ЛІИИ була виготовлена експериментальна катапультина установка з рухомим ліхтарем кабіни (друге покоління крісел).

Для першого етапу досліджень з манекеном було використано серійне катапультне крісло літака МіГ-15 (мал. 1.7), в конструкцію якого було внесено зміни, які дозволяли зміцнювати на ньому рухливий ліхтар кабіни. Катапультна установка спочатку була змонтована в кабіні повітряного стрілка літака Ту-2. На другому етапі катапультивання установки загальною масою 170 ... 190 кг виконувалося серійним стріляючим механізмом з робочим ходом 0,93 м. Патрон застосовувався серійний від шторочного крісла.

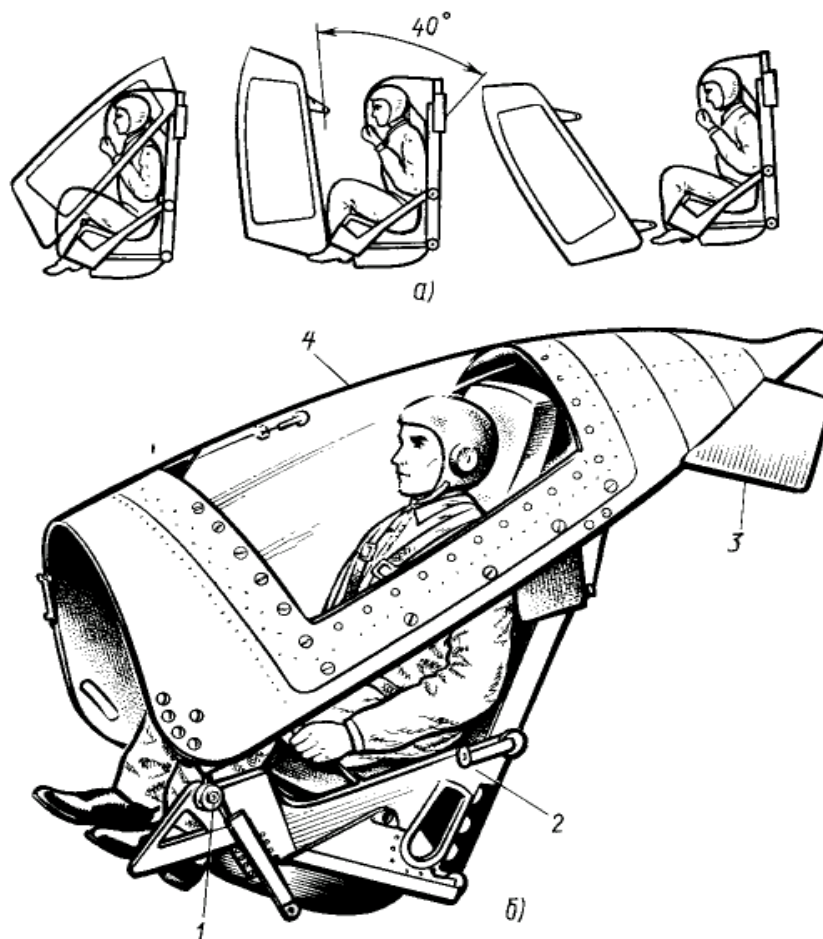


Мал. 1.7. Експериментальне катапультне крісло системи порятунку із захистом ліхтарем і зі зміненою системою підвісних ременів:

1 - серійні підвісні ремені; 2 - грудний ремінь з замком; 3 - перемичка, що з'єднує поясний і грудний замки; 4 -Додаткові нижні ремені.

Для проведення подальших досліджень з манекеном і випробувачем на великих швидкостях польоту катапультна установка була змонтована в задній кабіні літака МіГ-15 УТІ (рис. 1.8). Катапультивання установки загальною масою 200 ... 225 кг здійснювалося телескопічним стріляючим механізмом ТСМ-1880 з довжиною робочого ходу 1880 мм. Використовувався патрон, що створює при масі установки до 200 ... 225 кг початкову швидкість катапультивання, рівну 18,5 ... 19 м/с.

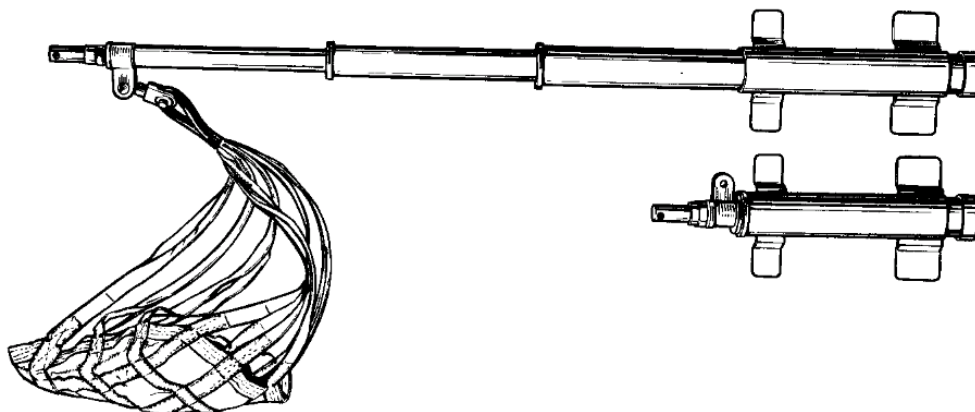
Для проведення дослідження з випробувачем були виготовлені крісла, аналогічні кріслам літака МіГ-15 з доопрацюванням для фіксації ліхтаря і з кардинально зміненою прив'язною системою. У кабіні літака в нормальному польотному положенні ліхтар шарнірно був пов'язаний з кріслом за допомогою верхніх замків, встановлених на балках спинки крісла. Відповідні вузли на ліхтарі виконані у вигляді двох кронштейнів зі втулками-осями. При катапультиванні крісло, переміщаючись вгору по направляючих рейках, тягне за собою пов'язану з ним задню частину ліхтаря. Передня частина ліхтаря переміщується на роликах в спеціальних горизонтальних направляючих, розташованих на бортах кабіни. При підході роликів ліхтаря до обрізу направляючих спрацьовують нижні замки, розташовані на чаші крісла, здатні фіксувати ліхтар в положенні, що захищає льотчика від повітряного потоку.



Мал. 1.8. Експериментальна система порятунку із захистом ліхтарем від зустрічного повітряного потоку:

а - схема відділення ліхтаря від крісла; б - розміщення льотчика в системі;

1 - нижній замок фіксації ліхтаря; 2 - крісло; 3 - стабілізуючий щиток; 4 – ліхтар



Мал. 1.9. Телескопічна Чотирьохтрубна штанга зі стабілізуючим парашутом

Стабілізація крісла здійснювалася парашутом, закріпленим на телескопічній чотирьохтрубній штанзі з робочим ходом 720 мм (рис. 1.9). Стабілізуючий обертаючий парашут площею 0,15 м<sup>2</sup> пов'язаний зі штангою вертлюгом. У верхній частині найтоншої труби штанги змонтована пружинна стріляюча головка з двухкапсульним патроном. Введення в потік стабілізуючого парашута проводився після переміщення крісла по направляючих рейках на 0,5 м від початкового положення. При цьому важіль, розташований на правій поздовжній балці крісла, виходячи з направляючих, силою пружини висмикував чеку стріляючої головки. У вільному польоті відділення ліхтаря від крісла виконувалося автоматично автоматом АД-3 (або КАП-3), який при спрацьовуванні через заданий час (або на заданій висоті), прибираючи штирі верхніх замків, звільняв тим самим верхню частину ліхтаря. Після відкриття верхніх замків ліхтар під дією аеродинамічних і інерційних сил мав можливість повертатися щодо нижніх замків в площині симетрії крісла. Упори, поставлені на балках спинки крісла, виключали можливість бічного повороту ліхтаря, виключаючи тим самим небезпеку для людини, що сидить в кріслі. Відпрацювання вузлів стикування і розстикування крісла з ліхтарем без спеціальних силових систем виявилася найбільш складним і трудомістким завданням. Якщо в наземних умовах вдалося провести скидання без додаткових силових пристроїв, то в льотних випробуваннях досягти цього не вдавалося і довелося вести пошуки коштів для відділення ліхтаря від крісла. Був зроблений висновок, що поділ ліхтаря тільки аеродинамічними і інерційними силами ненадійно. Найбільш безпечною схемою було визнано примусове відділення ліхтаря від крісла. Довелося вводити спеціальні механізми і важеля для відділення ліхтаря від крісла після загальмування в повітряному потоці до певної швидкості.

Дія сил на екіпаж під час катапультивання в системі із захистом ліхтарем було незвичайним. Це полягало в тому, що після відділення від літака льотчик, що знаходиться в кріслі під ліхтарем, відчуває сили гальмування, які прагнуть відірвати його від крісла. Для надійної фіксації довелося робити спеціальну прив'язну систему, яка утримує льотчика в кріслі при гальмуванні. Для запобігання відхилення голови льотчика від заголовника під дією перевантаження гальмування на заголовник встановлювалася м'яка захисна шторка.

При катапультиванні крісло з льотчиком, рухаючись по рейках, підхоплювало ліхтар, і льотчик у своєрідній капсулі опинявся надійно захищений від впливу повітряного потоку до швидкості 1100 км/год.

Крісло системи являє собою жорстку конструкцію, що складається з каркаса з чашою і змонтованих на них наступних експлуатаційних і аварійних систем:

- об'єднаної системи підвісних і прив'язних ременів;
- притяга плечових ременів;
- притяга поясних ременів;
- управління положенням чаши крісла по зросту льотчика;
- управління катапультиванням;
- стабілізації крісла по траєкторії після відділення від літака;
- захоплення і фіксації ніг;
- фіксації ліхтаря на кріслі і їх поділу;
- відкриття замків фіксації льотчика до крісла;
- підвісної системи і захоплення ніг.

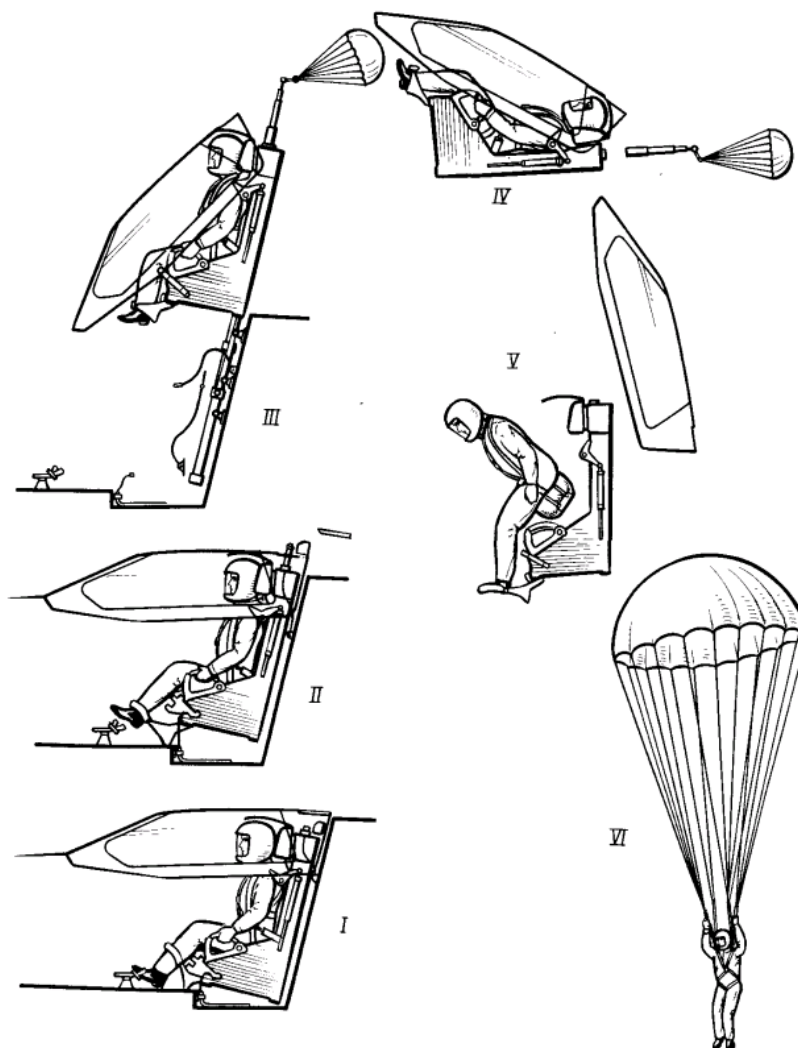
Крісло фіксувалося в кабіні трьома парами роликів на задній стінці кабіни. Ролики, входячи в рейки крісла, утримували його від поздовжніх переміщень. У вертикальному напрямку крісло закріплювалося за допомогою кулькового замку піромеханізму. На внутрішньому циліндрі піромеханізма був хомут з двома цапфами, які входили в зачепи крісла і закривалися там двома захопленнями. Захвати віджималися та фіксувалися гвинтами, які при вивертанні упиралися в кронштейни.

У польоті льотчик сидів на рятувальному парашуті, укладеному в чашу крісла, яка за бажанням льотчика могла бути піднята або опущена електромотором. Льотчик фіксувався до крісла підвісною системою в трьох точках (дві в зоні пояса і одна в зоні плечей). Натяг поясних ременів могло змінюватися рукояткою, встановленою на правому борту чаші. Притяг плечового пояса здійснювався експлуатаційною пружиною, а аварійно під час катапультивання - пороховими газами. У польоті льотчик міг відхилити плечі вперед на 150 мм і зупинитися на цьому положенні. Управління механізмом стопоріння ременів притягнутого й відхиленого положення здійснювалося рукояткою, встановленою на лівому борту чаші крісла.

Катапультивання могло проводитися в двох варіантах: з захистом ліхтарем і без неї. Катапультивання без захисту ліхтарем вироблялося після попереднього скидання ліхтаря спеціальною рукояткою автономного скидання ліхтаря, встановленою на правій стороні підліхтарної панелі. Основний стріляючий механізм приводився в дію стисненням поручнів, розташованих на бортах чаші крісла. При цьому витягувалася чека з затвора, проводився накол капсулів піропатрона.

Процес катапультивання системи з захистом ліхтарем відбувався в такій послідовності мал. 1.10. Приймавши рішення катапультиватися, льотчик натискав на спускові важелі поручнів крісла. При цьому спрацьовував механізм аварійного притягнення прив'язних систем, який підтягував льотчика до спинки крісла і фіксував її замком, створюючи

найбільш зручну позу для перенесення перевантаження. Після цього спрацьовував стріляючий механізм. Крісло починало рухатися вгору.



Мал. 1.10. Процес катапультивання крісла катапульти СК із захистом ліхтарем на літаках МіГ-21 перших серій:

I - привід системи натисканням поручнів; II- замки ліхтаря (задні) і цапфи крісла з'єднуються, піромеханізм вибиває кришку на ліхтарі і вводить стабілізуючий парашут; III - передні замки ліхтаря замикаються на відкидних опорах крісла; IV - крісло «лягає» по повітряному потоку і перелітає через кіль; V - піромеханізми повертають ліхтар щодо цапф крісла, захоплення ніг відкриваються, льотчик звільняється від крісла; VI - автомат КАП-3 відкриває купол парашута С-3



На ході крісла 16 ... 22 мм цапфи крісла входили в задні замки захоплення на ліхтарі, замикалися в них і відкривали аварійні замки ліхтаря. Ліхтар починав рухатися разом з кріслом. Передня частина ліхтаря утримувалася від закидання вгору замком з невеликою затримкою.

На ході крісла 30 ... 50 мм висмикувалася чека піромеханізма введення стабілізуючого парашута, пов'язаного тросом з фюзеляжем. Піромеханізм спрацьовував, вибивав кришку люка на ліхтарі і вводив стабілізуючий парашут в повітряний потік. Купол парашута наповнювався повітрям і розкручувався до сходу крісла з направляючих роликів.

Коли крісло проходило приблизно 530 мм, вийшовши відкидними опорами для фіксації передньої частини ліхтаря на кріслі за межі підліхтарної панелі, опори відкривалися для подальшої фіксації ліхтаря. Ноги пілота лягали на ножні опори і автоматично закривалися в них захопленнями.

Після того як крісло займало положення щодо потоку повітря, при якому закидання ліхтаря виключалося, замок з невеликою затримкою відкривався, передня частина ліхтаря котилася на роликах до сходу передньої частини ліхтаря з направляючих, після чого передні замки ліхтаря опускались на відкидні опори крісла і замикалися в них. У процесі руху крісла чека автомата, що забезпечує скидання ліхтаря з крісла і поєднана тросом з фюзеляжем, через заданий автоматом час висмикувалась і автомат запускався на включення механізмів, що скидають ліхтар. Крісло, відокремившись разом з внутрішньої трубою від піромеханізма, перелітало через кіль літака, повертаючись під дією стабілізуючого парашута чашкою вперед. Через 1,5с після початку катапультивання автомат приводив в дію піромеханізми, які відкривали передні замки-захоплення ліхтаря і замок штанги стабілізуючого парашута. Штанга (розсунутий піромеханізм) із стабілізуючим парашутом відокремлювалася від крісла. Піромеханізми повертали ліхтар відносно цапф крісла. На куті повороту ліхтаря 100 ... 120 ° задні замки-захоплення відкривалися і ліхтар відокремлювався від крісла.

При відділенні льотчика від крісла вмикався автомат, розташований в укладанні парашута. При катапультиванні з великої висоти льотчик падав зтяжним стрибком до висоти 4000 м, після чого спрацьовував автомат, який розкриває рятувальний парашут.

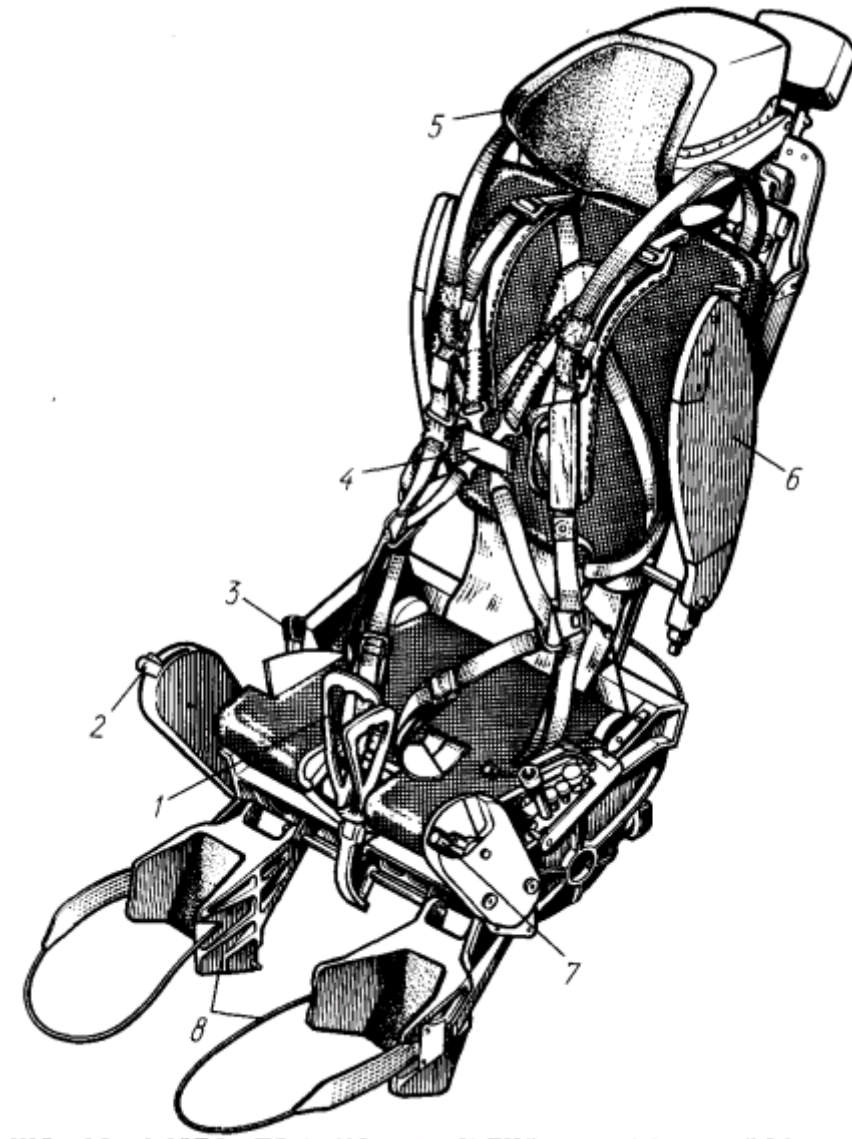
При необхідності катапультивання без захисту ліхтарем (пошкодження скління, скидання ліхтаря через порушення видимості через скління) його можна було здійснювати з обмеженням тільки до швидкості 700 км/год, причому мінімальна висота, яка забезпечувала порятунок, була 300 м. Для попереднього скидання ліхтаря необхідно було користуватися рукояткою автономного скидання ліхтаря, встановленою з правого боку на підліхтарній панелі. Так як при попередньо скинутому ліхтарі загальна катапультиуєма маса зменшувалася на величину маси ліхтаря, для того щоб льотчик не відчував надмірне перевантаження, з відділенням ліхтаря від крісла в стріляючому механізмі відкривався стравлюючий отвір, через який при роботі механізму стравлювалася певна частина газів.

Система із захистом ліхтарем була запущена в серійне виробництво і монтувалася на літаках МіГ-21 перших серій. Система виявилася дуже складною у виробництві і експлуатації і недостатньо надійною. З її впровадженням статистика відзначала катастрофи з причин нескидання ліхтаря (нерозділення з кріслом), ударів голови об скління, а також почастишали випадки пізнього застосування на малих висотах, коли не встигав наповнитися рятувальний парашут. [4]

#### **1.4. Система управління катапультичним кріслом.**

В ОКБ А.І. Мікояна крісло створювалося за умови його розміщення на літаку, вже знаходився в серійному виробництві. Переробки літака повинні були бути мінімальними. Конструктори були обмежені наявними габаритами і конфігурацією кабіни. Ця обставина послужила причиною деяких вимушених конструктивних рішень. Так наприклад, для зменшення габаритів

крісла комбінований стріляючий механізм виконували багатофункціональним, а його корпус служив каркасом крісла, на якому кріпилися всі агрегати систем, у тому числі і чашка, якої довелося надавати на перший погляд не виправдано ускладнені, закруглені форми. Це ускладнювало процес виготовлення чашки і розміщення в ній НАЗа.



Мал. 1.11. Катапультное крісло КМ (СРСР):

1 - ручка системи управління катапультиванням; 2 - ручка системи відкриття замків фіксації льотчика; 3 - ручка механізму експлуатаційного протягування поясних ременів; 4 - з'єднувальний замок підвісної системи; 5 - заголовник; 6 - важелі-обмежувачі розкиду рук; 7 - ручка експлуатаційної системи плечового притяга; 8 - м'які захоплення ніг.

Крісло призначалося для заміни раніше впровадженої системи із захистом ліхтарем. При виготовленні нового крісла потрібно було вирішити ряд проблем, покликаних поліпшити характеристики і експлуатаційні властивості крісла і підвищити виживаємість екіпажів. У його конструкцію вносилися велика кількість нововведень, які відповідали рівню розвитку цієї техніки в той час. Крісло практично створювалося заново.

На відміну від старих систем, в тому числі і від системи з захистом ліхтарем, нова система повинна була:

забезпечити порятунок екіпажів на розбігу і пробігу; зменшити необхідну висоту для порятунку екіпажів при покиданні літака, який перебував в горизонтальному польоті;

збільшити допустиму швидкість польоту при покиданні літака у землі до 1200 км/год;

забезпечити стабілізований спуск крісла з льотчиком з висот до 20 000м;

розмістити НАЗ для виживання після катапультивання в малонаселеному районі або після приводнення.

Катапультне крісло КМ-1 розмістилося в кабіні літака, забезпечивши необхідний комфорт в польоті і надійний порятунок при покиданні літака в аварійній ситуації (мал. 1.11). Безпечне покидання літака під час катапультивання з кріслом КМ-1 проводилося за допомогою комбінованого стріляючого механізму (КСМ) на висотах до 20 000 м і до індикаторної швидкості 1200 км/год, а також під час зльоту і посадки при переміщенні літака на рівні землі.

У польоті крісло забезпечує надійну фіксацію льотчика і необхідні умови для користування всіма органами управління літаком і його системами. Застосовані в конструкції крісла глибокий заголовник,

обмежувачі розкиду рук, система фіксації льотчика в кріслі і комплект висотного спорядження надійно забезпечують захист льотчика від повітряного потоку.

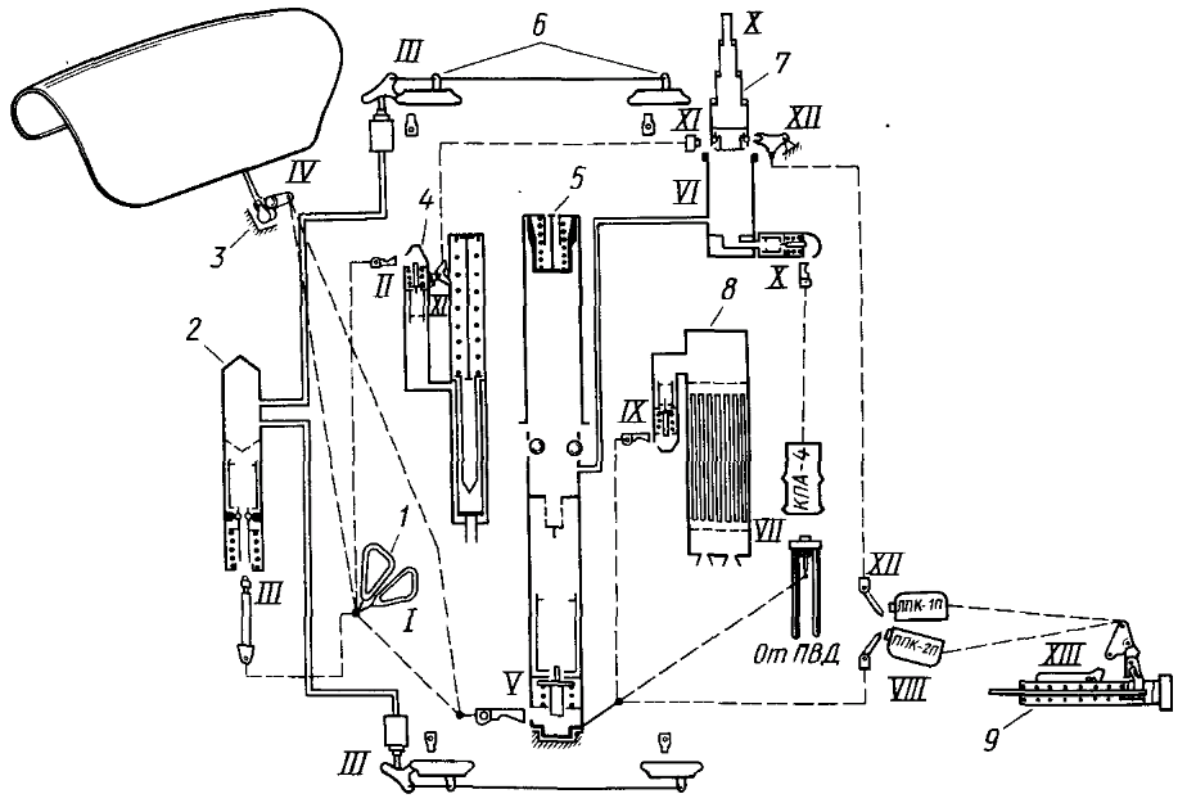
Катапультивання виконується витягуванням льотчиком здвоєної ручки управління, розташованої на передній стінці чашки крісла (між ногами), після чого всі системи крісла спрацьовують автоматично, аж до введення в дію рятувального парашута, чим забезпечується висока надійність порятунку льотчика при своєчасному приведенні катапульти в дію.

Виконавши на новому кріслі КМ-1 (СК-3) ряд заходів, що підвищують його працездатність, ефективність, і запровадивши на ньому ряд технічних новинок, конструктори створили для нового покоління винищувачів і нове покоління засобів рятування. У 1963 р були закінчені всі випробування крісла КМ-1. Воно було рекомендовано для застосування у всій винищувальній, розвідувальній та легкобомбардувальній авіації. Серійний випуск цих крісел було розпочато в 1965 р

Принципова схема послідовності спрацьовування агрегатів крісла КМ-1 приведена на рис. 1.12. Крісло КМ-1 має три режими катапультивання. Режим I - катапультивання з великих висот. При цьому забезпечується стабілізований спуск крісла з льотчиком до висоти 3000 м; далі автоматично або за допомогою ручного приводу льотчик відокремлюється від крісла з основним парашутом. Режим II - катапультивання на рівні землі (режим зльоту і посадки). При покиданні літака на  $V_{пр} = 130$  км/г ручкою катапультивання вводяться в дію системи крісла. Приземляється льотчик на основному парашуті,  $V_{снж} = 6$  м/с. Режим III - катапультивання на швидкості  $V_{пр} = 1200$  км/год. При катапультиванні забезпечується захист льотчика від впливу повітряного потоку і перевантаження гальмування. Після гальмування системи льотчик автоматично відділяється від крісла введенням основного парашута.

Режими спрацьовування автоматів крісла КМ-1 і діаграми їх роботи представлені на рис. 1.13.

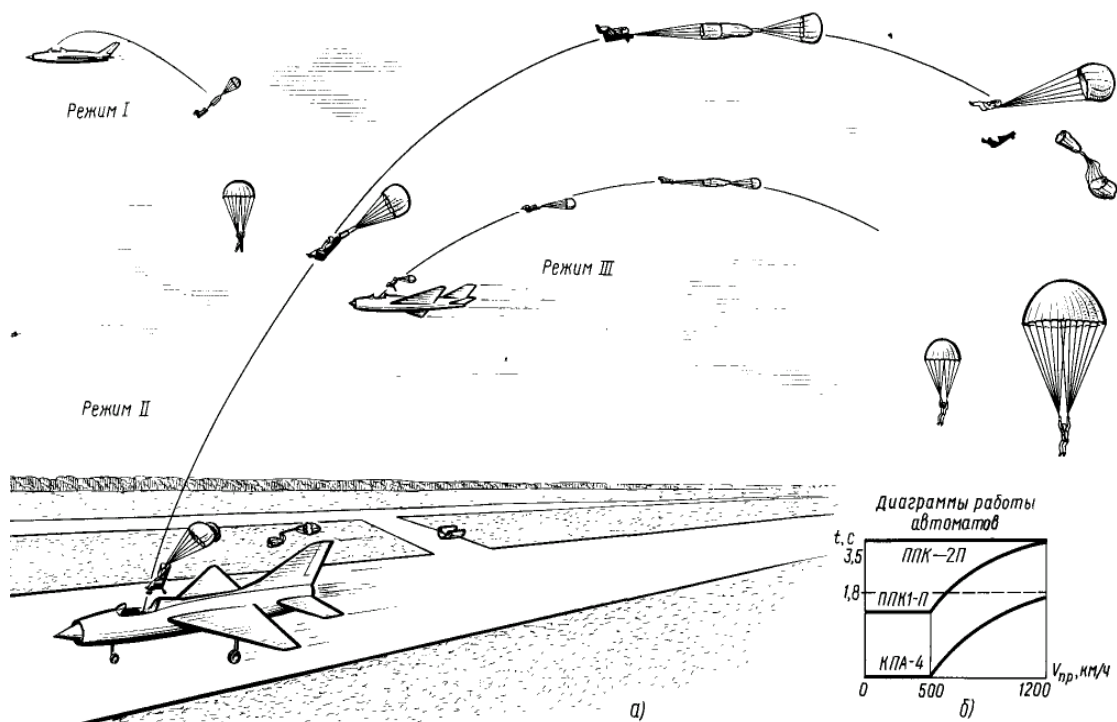
До складу крісла входять системи: повсякденно експлуатуємі, що забезпечують нормальні умови для фіксації льотчика і управління літаком в польоті, і одноразової дії, що забезпечують аварійне покидання літака.



Мал. 1.12. Принципова схема послідовності спрацьовування агрегатів крісла КМ-1:

I - спрацьовування ручкою пострілу; II - спрацьовування механізму притяга і випуску обмежувачів рук; III - спрацьовування піропатрона ліхтаря, відкриття замків ліхтаря; IV - скидання створки ліхтаря, розблокування системи пострілу крісла; V - спрацьовування стріляючого механізму; VI - висування штанги першого стабілізуючого парашута; VII - включення КПА-4; VIII - включення ППК-2П; IX - спрацьовування запальника прискорювача; X - відстріл штанги першого стабілізуючого парашута; XI - спрацьовування механізму повернення обмежувачів розкиду рук; XII-включення ППК-1П; XIII-спрацьовування пружинного підсилювача, відкриття замків фіксації; 1 - ручка пострілу; 2-піропатрон ліхтаря; 3 - блокування ліхтаря з кріслом; 4 механізм плечового

притяга; 5 - стріляючий механізм; 6 - замки ліхтаря; 7 - парашутний механізм; 8 - пороховий прискорювач; 9 - пружинний підсилювач



Мал. 1.13. Режими покидання літака МіГ-21 в кріслі КМ-1 (а) і діаграми роботи автоматів (б)

Далі викладаються короткі характеристики систем крісла і принцип їх дії.

Експлуатаційні системи крісла: підвісна система рятувального парашута льотчика; механізми плечового і поясного притягання; система регулювання положення чашки крісла по зростанню льотчика.

Підвісна система рятувального парашута використовується для фіксації льотчика в кріслі за допомогою механізмів плечового і поясного притягання. На кріслі застосовується заспинне укладання рятувального парашута. Спинка є відокремлюваною частиною конструкції крісла. Підвісна система парашута, будучи пов'язана зі спинкою, своїми ременями притягує льотчика до спинки. У свою чергу спинка кріпиться до крісла в нижній частині двома відкритими опорами і зверху притискається заголовником.

Льотчик в кріслі сидить на спеціальній рамці, з якою він також з'єднаний з допомогою підвісної системи рятувального парашута. У рамці змонтований аварійний кисневий прилад, і до неї ж кріпляться НАЗ і човен. Рамка зафіксована до крісла двома бічними замками і передньої лямкою.

Після катапультивання в процесі спрацьовування систем крісла заголовник відкидається, звільняючи вихід відокремлюваної спинці разом з рятувальним парашутом, і відкриваються замки, що фіксують рамку до крісла. Після цього льотчик з підвісною системою з зафіксованої на ній спинкою і рамкою відокремлюються від крісла.

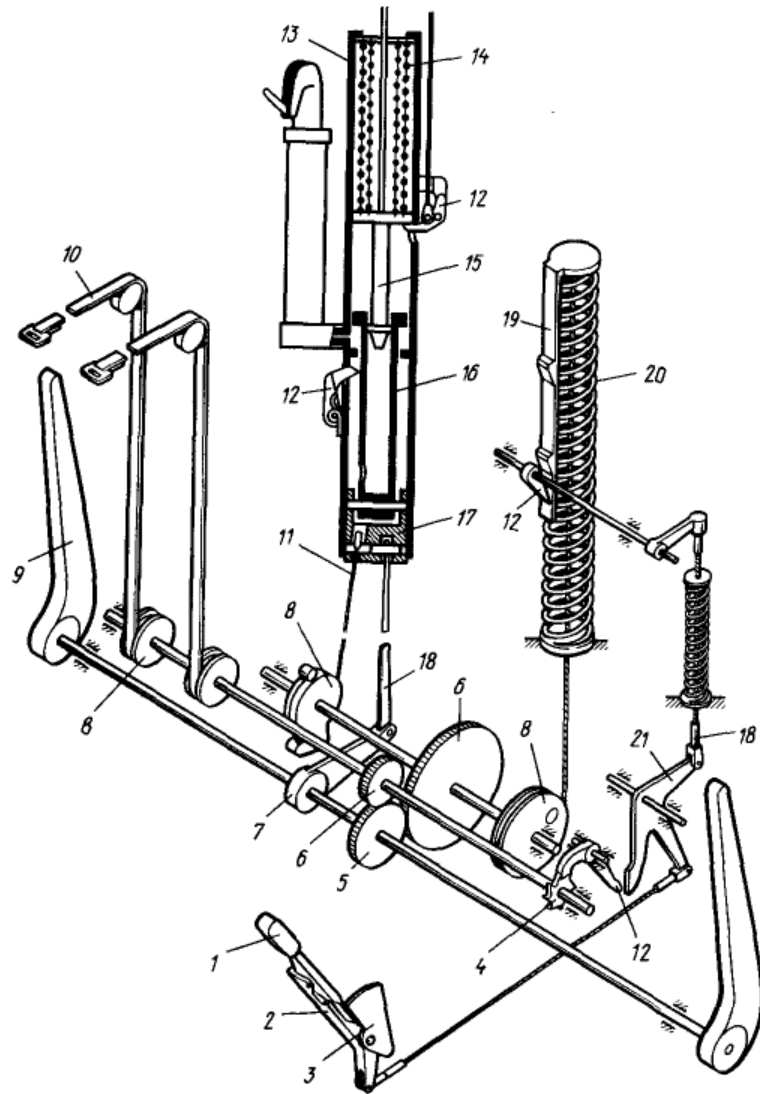
На кріслі змонтовані механізми експлуатаційного плечового і поясного притягання, керовані ручками, встановленими на чашці крісла. На кріслі змонтований об'єднаний роз'єм комунікацій (ОРК), що з'єднує всі комунікації льотчика (зв'язок, кисневе постачання, протиперевантажувальні пристрої, вентиляцію, перемикання бортового кисневого постачання на аварійне) з бортом літака.

Механізм експлуатаційного притягнення поясних ременів дозволяє регулювати ступінь їх натягу, забезпечуючи щільне притиснення корпусу льотчика до чашки крісла.

Механізм притягнення плечових ременів ділиться на експлуатаційний, який використовується в повсякденній експлуатації, і аварійний, що спрацьовує під час катапультивання. Механізм експлуатаційного



притягнення плечових ременів передбачає можливість притягнення і звільнення плечових ременів підвісної системи, а також фіксацію їх у положеннях повністю притягнутому до спинки (на зльоті і посадці), повністю витягнутому на 200 ... 230 мм від спинки і в декількох проміжних.



Мал. 1.14. Механізм експлуатаційного притягнення плечових ременів крісла КМ.-1:

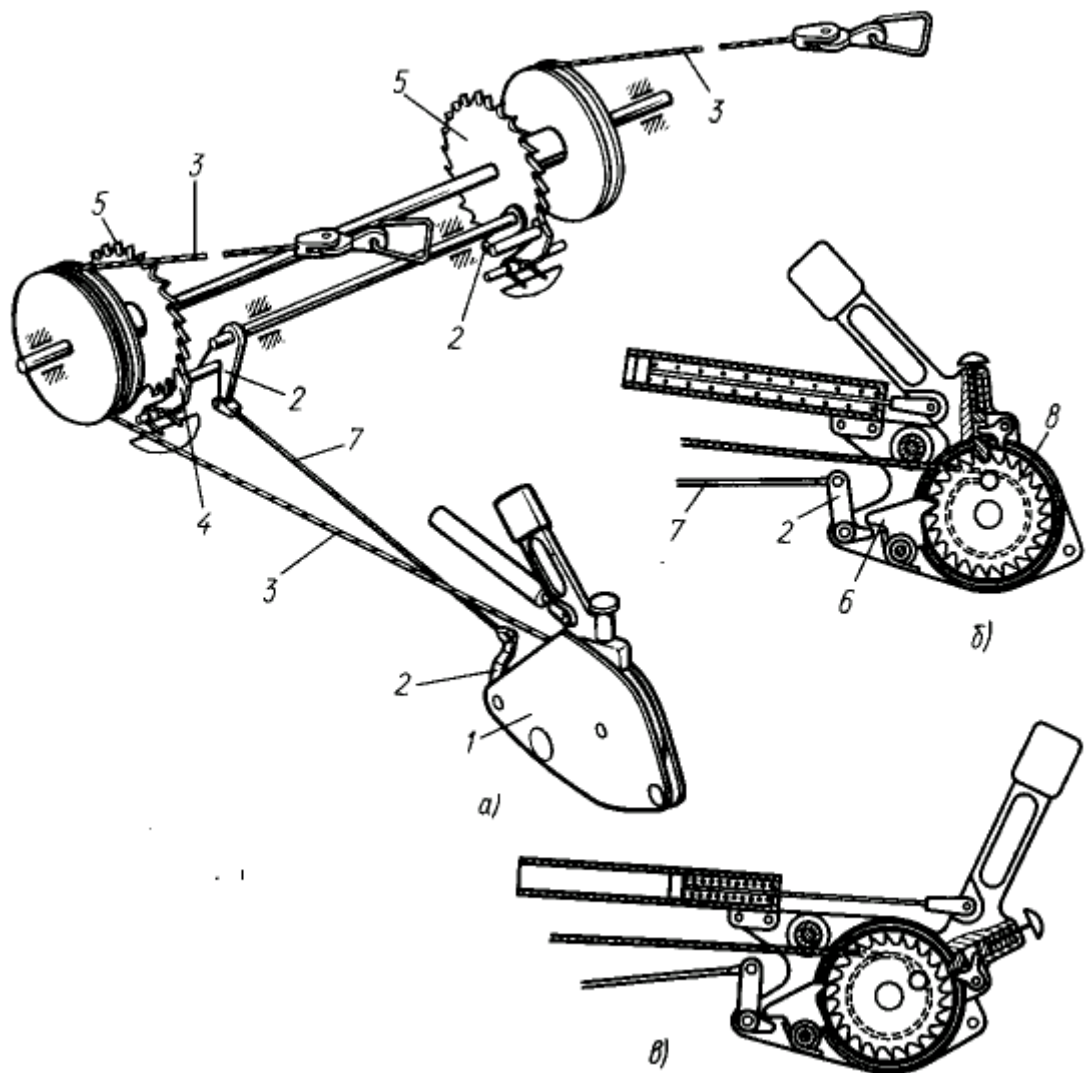
1 - ручка; 2-двуплечий важіль; 3 - кронштейн; 4-храповик; 5-шестерня паразитна 6 - шестерня; 7 - важіль; 8 - ролик; 9 - обмежувач розкиду рук; 10 - лямка; 11 - трос 12 - собачка (засувка); 13 - корпус; 14 - пружина; 15 - верхній шток; 16 - нижній шток. 17 - повзун; 18 - тяга; 19 - рейка; 20 - пружина; 21 - трьохплечева качалка

Механізм експлуатаційного притягнення плечових ременів складається з ручки, кронштейна, закріпленого на щитку, двухплечого важеля і двох пружин (рис. 1.14). Ручка з важелем і важіль з кронштейном мають загальні осі, що дозволяють відхиляти ручку щодо важеля і ручку з важелем - щодо кронштейна. Така конструкція ручки запобігає її випадковому відхиленню. Робота механізму експлуатаційного притягнення здійснюється наступним чином.

Льотчик для звільнення механізму експлуатаційного притягнення плечових ременів повинен його розстопорити, відхиливши ручку до щитка чашки, і потягнути її на себе. Потім, подолавши зусилля пружини, нахилом корпусу вперед витягнути плечові ремені. При нахилі корпусу вперед плечові ремені витягнуться на необхідну величину. Після того як льотчик відпустить рукоятку, механізм зупиниться в проміжному або повністю витягнутому положенні. Той же процес повторюється при необхідності притягнути плечі. Льотчик повинен розстопорити механізм ручки і звільнити плечові ремені від натягу. При цьому пружини почнуть намотувати плечові ремені. Відпустивши ручку, льотчик зупинить систему в проміжному або повністю притягнутому положенні в залежності від того, коли льотчик звільнить ручку.

Механізм експлуатаційного притягнення поясних ременів (рис. 1.15) складається з ручки притягання, двох храповиків з роликами і собачками і двох тросів, приєднаних сережками до підвісної системи. Льотчик, притягаючи, здійснює зворотно-поступальний рух ручкою. Храповик, встановлений на ручці, повертаючись, намотує трос, який, в свою чергу, розмотується з ролика храповика, встановленого на рамці, закріпленої до чашки крісла. Троси будуть намотується на барабани із зубами. При цьому відбудеться притягання льотчика за допомогою поясних ременів системи фіксації. Для ослаблення механізму притягнення льотчику треба перевести ручку вперед до відмови і відтягнути свій корпус вперед. При цьому ручка

виводить собачку із зачеплення із зубами. Троси під впливом зусилля з боку льотчика при отягуванні їм ручки вперед будуть тікати з своїх роликів механізмом притягування, послаблюючи притяг. Перед польотом поясне притягання слід виробляти по можливості щільніше, так як це забезпечує хорошу фіксацію до крісла під час еволюцій літака і під час катапультивання.



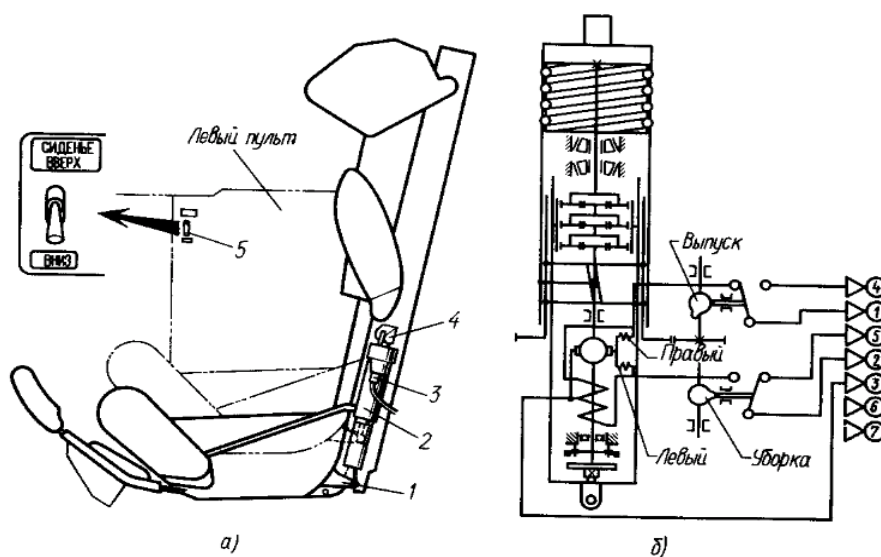
Мал. 1.15. Механізм експлуатаційного притягнення поясних ременів крісла КМ-1:

а - принципова схема; б, в - відповідно початкове і крайнє переднє стан ручки притягання; 1 - ручка притягання; 2 - качалка; 3 - трос; 4 - собачка з валиком; 5 - храповик з роликом; 6 - собачка; 7 - тяга; 8 - храповик

На кріслі є механізм, що дає можливість регулювати в польоті положення чашки по зросту льотчика, покращуючи тим самим умови пілотування, огляду місцевості при посадці і користування приладовою дошкою.

Система регулювання чашки (рис. 1.16) по зросту льотчика складається з електромеханізму МП-150Д, закріпленого одним кінцем до кронштейну, привареного до корпусу КСМ, що є каркасом крісла, а другим - до кронштейну, встановленому на чашці крісла. На корпусі КСМ і чашці виготовлені спеціальні повзуни і напрямні, по яких при включенні електромеханізму МП-150Д чашка може переміщатися вгору або вниз. Загальний хід електромеханізму регулювання 120 мм. Переміщення чашки проводиться перемикачем, встановленим на пульті в кабіні. При катапультиванні роз'єднання роз'єму проводиться спеціальним тросом, закріпленим до підлоги фюзеляжу.

Системи, що забезпечують аварійне покидання літака: комбінований стріляючий механізм (КСМ), системи стабілізації крісла катапульти, управління катапультиванням, фіксації крісла катапульти, відкриття замків фіксації льотчика, об'єднаний роз'єм комунікацій крісла катапульти (ОРК).

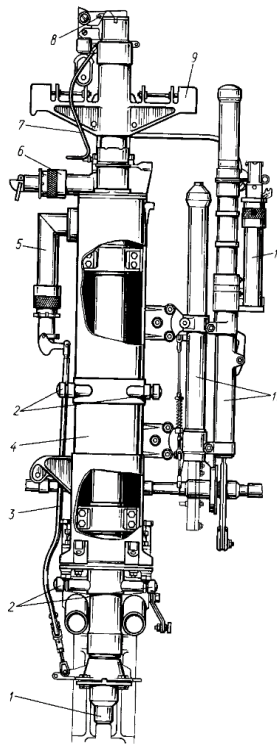


Мал. 1.16. Схеми регулювання підйому або опускання чашки крісла КМ-1 по зросту льотчика:

а - розміщення механізму (підйому, опускання) і управління ним; б - електросхема; 1 - кронштейн на чашці крісла; 2 - електромеханізм МП-150Д для підйому і опускання чашки крісла; 3 - штепсельний електророз'єм; 4 - кронштейн на корпусі КСМ; 5 - перемикач на лівому пульті в кабіні літака

Комбінований стріляючий механізм (КСМ) (рис. 1.17). Цей механізм є енергодатчиком, що забезпечує процес катапультивання. Він об'єднує в собі стріляючий механізм (СМ) і пороховий прискорювач, послідовне спрацювання яких забезпечує підкидання крісла з льотчиком на необхідну висоту при збереженні перевантажень в допустимих межах. СМ повідомляє кріслу початковий імпульс, в результаті якого крісло починає переміщатися по напрямних рейках в кабіні. СМ спрацьовує від піропатрона після накола капсулів при висмикуванні чеки ручкою катапультивання.

Пороховий заряд реактивної частини механізму другого ступеня створює кріслу додатковий імпульс, що збільшує швидкість руху, і висоту підкидання, достатню для спрацювання всіх систем крісла під час катапультивання з рівня землі і для перельоту через кіль при швидкості близько 1200 км/год.



Мал. 1.17. Комбінований стріляючий механізм крісла КМ-1

1 - СМ; 2 - ролик; 3 - розсувна тяга; 4 - пороховий реактивний двигун ПРД; 5 - запальник;  
6 - піроциліндр відстрілу штанги; 7 - трубка; 8 - парашутний механізм; 9 - балка;  
10 - піромеханізм аварійного притягнення плечей; 11 - механізм експлуатаційного  
притягнення плечових ременів

Займання порохового заряду проводиться від піропатрона займання ПВ, який включається висмикуванням чеки на заданому ході крісла, підбирають так, щоб до моменту початку дії тяги від запалав порохового заряду закінчувалася дія патрона.

Стріляючий механізм складається з внутрішньої труби з затвором, кронштейна, п'ятки з колосником, зовнішньої труби, балки і кулькового замка, замикаючого зовнішню трубу на внутрішній трубі в зведеному положенні СМ. При катапультиванні внутрішня труба залишається в кабіні літака і являється направляючою для зовнішньої труби.

Стріляючий механізм працює наступним чином. Після спрацювання затвора (висмикування чеки) газу, утворені при згорянні пороху піропатрона,

проходячи через колосник, віджимають шток кулькового замку до торця кришки і відкривають замок. Зовнішня труба СМ разом з корпусом порохового прискорювача і кріслом під тиском газів переміщується вгору щодо внутрішньої труби по напрямних рейках. Одночасно частина газів підводиться через проточку в балці в парашутний механізм.

Прискорювач складається з корпусу, соплового блоку, системи запалювання. Корпус прискорювача разом з сопловим блоком є основним силовим каркасом крісла. Він використовується для розміщення порохового заряду, тобто є камерою згоряння. Корпус являє собою сталеву трубу з привареними до неї кронштейнами кріплення агрегатів крісла: механізмів притягання, вала обмежувачів розкиду рук, роликів руху крісла по напрямних рейках, кронштейна кріплення механізму підйому чашки крісла, вузлів кріплення контейнера. На кришці корпусу прискорювача кріпиться парашутний механізм і фіксується верхня частина труби СМ. Бічний циліндр на кришці корпусу служить патронником для піропатрона механізму відстрілу штанги першого стабілізуючого парашута. Соплової блок складається з корпусу, стакана і направляючих, по яких переміщається чашка крісла при регулюванні по зросту. У верхню частину корпусу соплового блоку уварений стакан, який має вирізи для проходу газів і виходу їх в сопла. У трубі корпусу соплового блоку на різьбі встановлена зовнішня труба СМ.

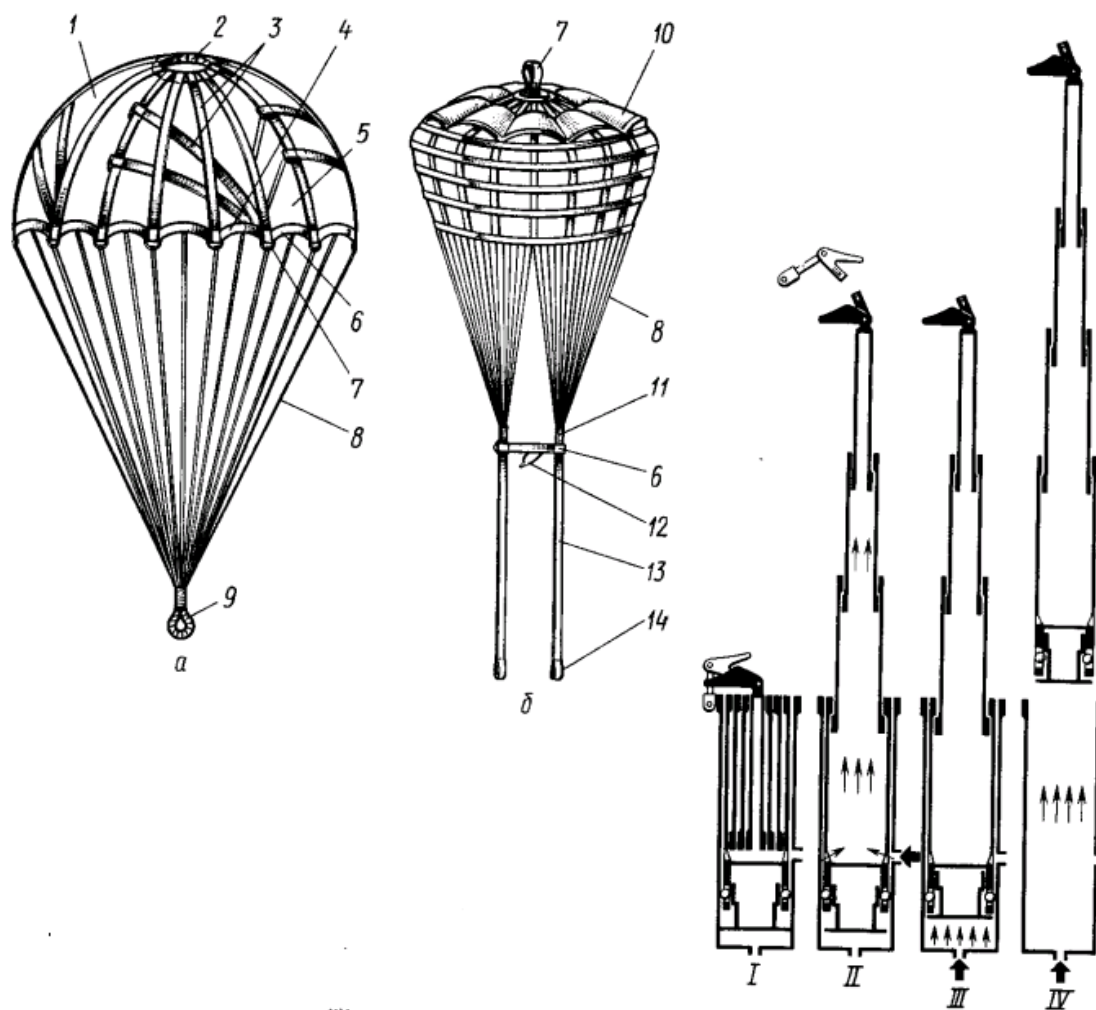
Для збереження мінімального ексцентриситету між направленням реактивної тяги і центром мас крісла з льотчиком, сопла кінематично пов'язані з чашкою крісла. При регулюванні чашки крісла по зростанню льотчика повзун, пов'язаний важелем з віссю, на якій розміщені сопла, повертається на кут, заданий регулюванням.

Система запалення служить для включення порохового прискорювача на строго певному ході СМ для виключення суміщення сил від патрона з силою від порохового прискорювача. Система складається з запальника і розсувної тяги. Запальник порохового заряду прискорювача є затвор з

піропатроном, укладеними в корпус. Корпус запалювача приєднаний до корпусу прискорювача. Затвор встановлюється на торці великого циліндра запалювача і кріпиться на ньому накидною гайкою. На кінці затвора закріплена гойдалка з повідцем для висмикування чеки. Гойдалка через трос і розсувну тягу з'єднана з кронштейном на внутрішній трубці СМ, що залишається в кабіні. В процесі катапультивання при русі крісла вгору трубка, закріплена до п'яти СМ, залишається нерухомою, один кінець троса, що проходить всередині трубки і приєднаний до качалки затвора, пройшовши заданий шлях, при ході крісла потягнеться, висмикне чеку і запалить пороховий заряд КСМ. Гази, що утворилися від згоряння порохового заряду, проходячи через сопла, створюють реактивну тягу, яка збільшує швидкість руху крісла.

Система стабілізації крісла катапульти призначена для розвороту крісла з льотчиком на спину після виходу його в потік, виключення обертання, забезпечення спуску з великих висот і гасіння швидкості крісла після катапультивання на великих швидкостях. Крім того, другий стабілізуючий парашут виконує введення рятувального парашута льотчика. Система стабілізації крісла катапульти складається з телескопічного парашутного механізму, першого і другого стабілізуючих парашутів і приладу КПА-4.





Мал. 1.18. Система стабілізації крісла катапульти:

а - перший (що обертається) парашут; б - другий (конусний) парашут; й - телескопічний парашутний механізм; 1 - основа купола (капронове полотно); 2 - кільце; 3 - стрічка петлі; 4 - стрічка кромки; 5 - щілина; 6 - перемичка; 7 - петля; 8 - стропа; 9 - коуш; 10 - кишеня; 11 - позначка; 12 - шпилька; 13 - стренга; 14 - петля стренга

Телескопічний парашутний механізм (рис. 1.18,) призначений для введення в потік першого (рис. 1.18, а) і другого (рис. 1.18, б) стабілізуючих парашутів. Він складається з корпусу, набору телескопічних труб, кулькового замку, вертлюга, замку переотцепкі стренга, самої триметрової стренги з першим стабілізуючим парашутом і механізмом відстрілу штанги.

Телескопічна штанга висувається газами від піропатрона СМ і стопориться кульковим замком і стопорними кільцями в висунутому положенні до відстрілу штанги. У верхню трубу вкручений болт, що утримує

замок стренга першого стабілізуючого парашута. На замку закріплений вертлюг, що забезпечує обертання малого парашута. Після виходу крісла з кабіни і його повороту на кут близько  $35 \dots 40^\circ$  відбувається переотцепка замку і малий парашут віддаляється від крісла на триметровій стренгі. Ця переотцепка малого парашута виключає його попадання в затінену кріслом зону.

Відстріл стабілізуючою штанги відбувається з такою швидкістю, щоб накопиченої енергії відокремленої штанги вистачило для введення другого стабілізуючого парашута. З цією метою в систему відстрілу стабілізуючої штанги введено катапультивання (при пошкодженні системи) він їх роз'єднує.

Система управління катапультиванням (рис. 1.19) складається з центрального приводу зі здвоєним ручкою, зафіксованої кульковим замком в кронштейні, встановленому на передній стінці чашки крісла, системи тяг і качалок, що зв'язують здвоєну ручку з чеками затворів піропатронів системи скидання відкидної частини ліхтаря, механізму експлуатаційного притягання і механізму блокування, що виключає можливість переміщення чеки затвора СМ до відділення від літака відкидної частини ліхтаря.

Від здвоєної рукоятки **1** через карданне з'єднання **2**, квадратний вал **3**, кардан **4**, конічні шестерні **5** і тягу **6** рух передається гойдалці **8**. Качалка **8** повернеться на деякий кут до упору її плеча в стопор **10**. Через тягу **14** качалка **8** вмикає механізм аварійного притягнення плечових ременів і випуску обмежувачів розкиду рук, а через тягу **7** – піропатрон ліхтаря. Ліхтар, йдучи в повітряний потік, фалом **12** поверне гойдалку **13**, зрізавши гвинт **11**. Гойдалка **13** звільнить стопор **10**, який повернеться проти годинникової стрілки зусиллям пружини **9**, а качалка **8** отримає можливість повернутися на більший кут і не буде перешкоджати подальшому повороту конічних шестерень і вала з кулачком **16**. кулачок **16** звільнить собачку **18**, яка Розтопорить гойдалку **17**. При подальшому витягуванні ручки кулачок **16**

упреться в виступ качалки **17** і поверне її проти годинникової стрілки. Це рух гойдалки через тягу **19**, гойдалку **20** передається на чеку **21**. Відбудеться включення СМ. На випадок відмови розблокування при скиданні ліхтаря існує ручна розблокування СМ, для чого льотчику необхідно буде з силою смикнути ручку, яка через трос **15** виконає розблокування.

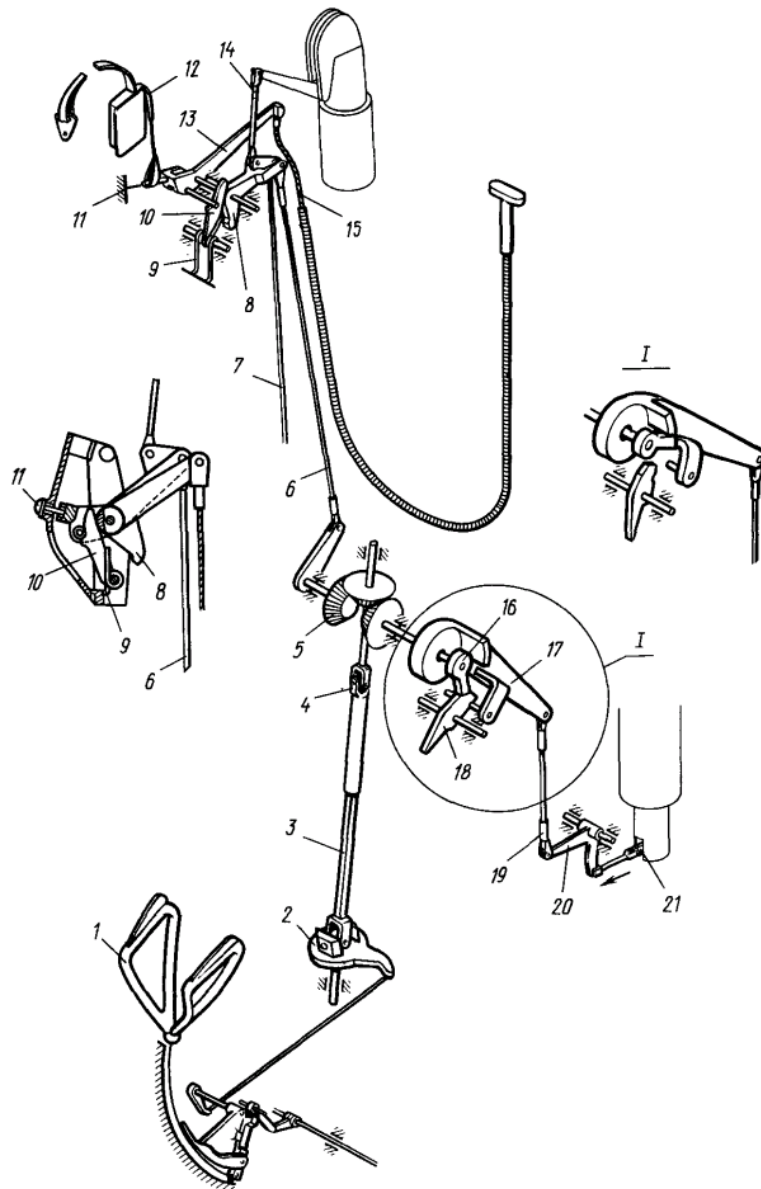
Система фіксації льотчика. Фіксація льотчика в кріслі під час катапультивання забезпечується:

механізмом аварійного притягнення плечових ременів підвісної системи, притискають льотчика до спинки крісла; опускаються обмежувачами розкиду рук; бічними замками системи фіксації і переднім кріпленням, які утримують рамку з кисневим приладом і НАЗом, на якій льотчик сидить;

верхнім замком системи фіксації, що утримує трос другого стабілізуючого парашута з тросом, який, в свою чергу, утримує заголовник крісла в експлуатаційному положенні, в якому заголовник замикає спинку з рятувальним парашутом;

системою фіксації ніг, що спрацьовує при русі крісла після катапультивання.

Після закінчення часу, необхідного для загальмування крісла до допустимої швидкості залежної від міцності парашута і переносимості льотчиком перевантаження, відкриваються замки фіксації льотчика в кріслі, при цьому троси заголовника і стабілізуючого парашута виходять з губок замка. Заголовник відкидається пружинами, звільняючи спинку з рятувальним парашутом, а другий стабілізуючий парашут, відділяючись від крісла, стягує чохол з купола рятувального парашута і вводить його в дію.

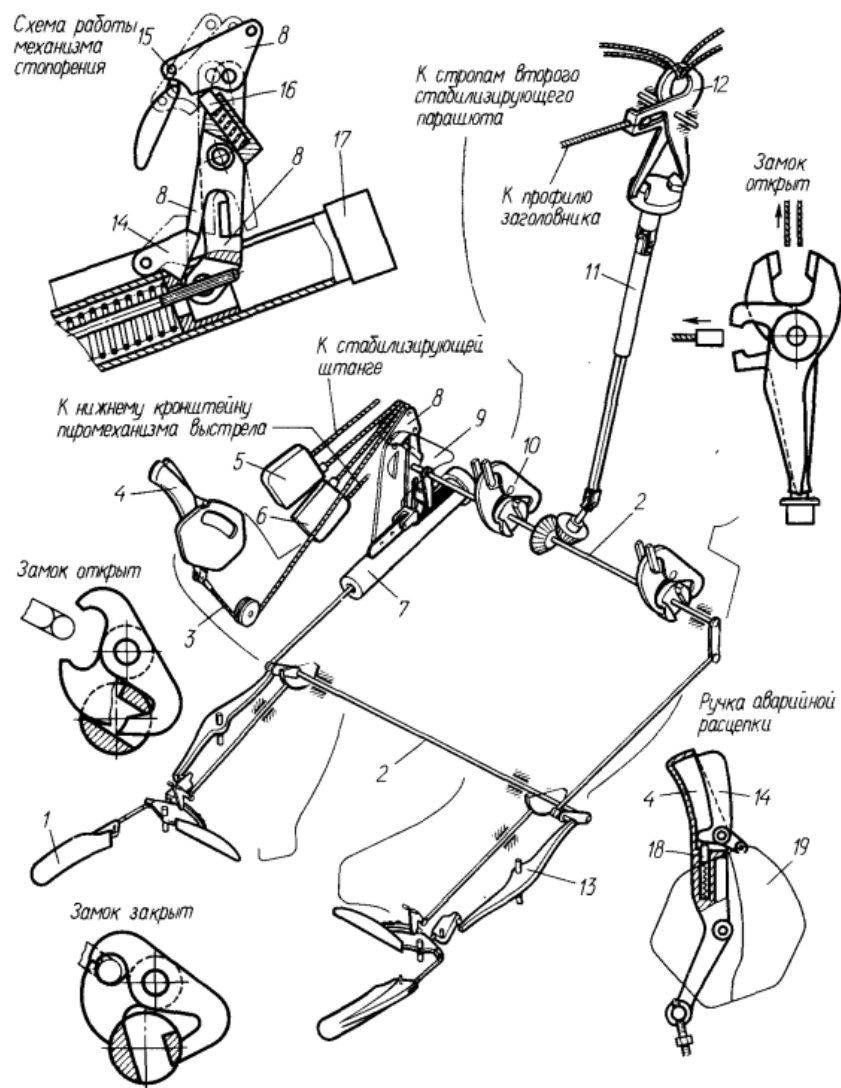


Мал. 1.19. Система управління катапультиванням крісла КМ-1

Таким чином, відкриття верхнього і бічних замків системи фіксації після катапультивання забезпечує введення в дію рятувального парашута, звільнення рамки з НАЗом, зафіксованої на льотчика системою фіксації, від зв'язку з кріслом, в цей же час відкриваються обмежувачі ніг і відділяється від крісла ручка катапультивання. Льотчик повисає на парашуті, а крісло від'єднується від нього і падає вниз, виключаючи можливість попадання крісла в парашут.

Система відкриття замків фіксації льотчика (рис. 1.20) призначена для автоматичного відділення льотчика від крісла після катапультивання на

певній висоті і в заданий час. Для відкриття замків системи фіксації встановлені два автомати з різними приводами для їх включення. На одному автоматі час встановлюється з розрахунку роботи в гірській місцевості, і механізм включається при початку руху крісла, він же є дублюючим на випадок не ввімкнення основного, який включається в момент відстрілу стабілізуючої штанги. Час затримки встановлюється на землі за заданою програмою. Крім автоматичної системи відкриття замків фіксації є дублююча ручна. Ручка аварійної розчеплення замків фіксації встановлена на правому щитку чашки крісла. Для її спрацювання льотчик повинен втопити важіль стопоріння і потягнути ручку на себе.



Мал. 1.20. Система відкриття замків фіксації льотчика:

1 - обмежувач ніг; 2 - вал; 3 - трос; 4 - ручка аварійної розчеплення; 5 - ППК-1П; 6 - ППК-2П; 7 - пружинний підсилювач; 8 - качалка; 9 - пластина; 10 - замок; 11 - вал вертикальний; 12 - верхній замок системи фіксації; 13 - важіль; 14 - стопор; 15 - штир; 16 - упор; 17 - ковпачок; 18 - стопор; 19 – основа

Покидання літака при аварії. Вище були викладені принцип дії систем і послідовність їх ізольованого спрацьовування. Багато з цих систем, отримавши імпульс від однієї системи, автоматично вводять в дію іншу, створюючи ланцюг послідовних спрацьовувань від одного руху льотчика до відділення НАЗа і приземлення льотчика.

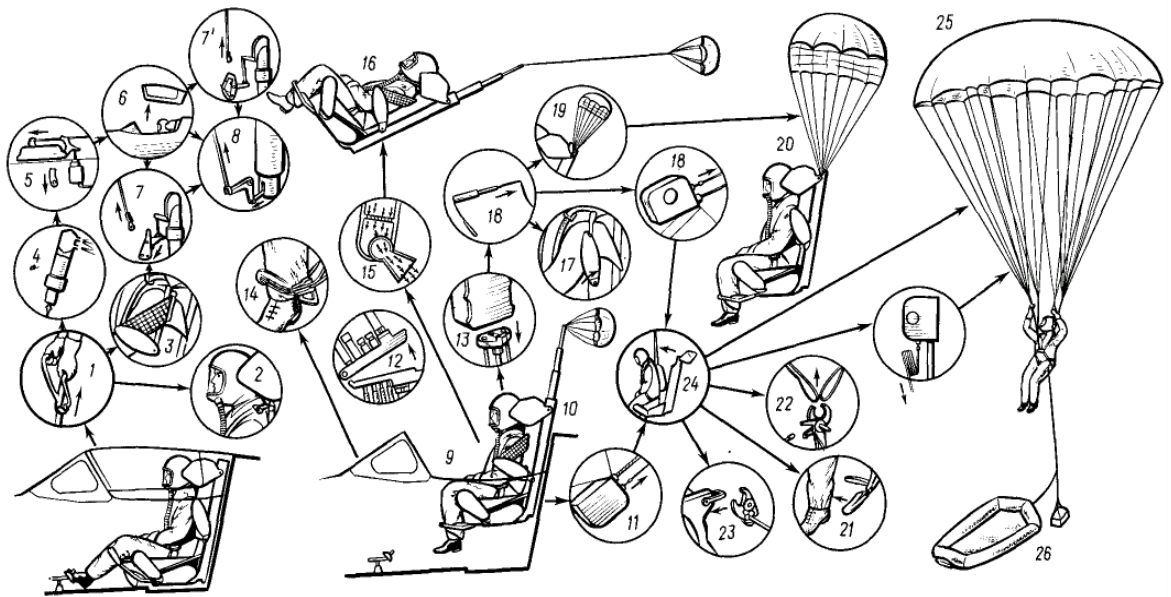
Представляються два варіанти покидання: з катапультиванням і без нього.

Прийнявши рішення на покидання з катапультиванням, льотчик повинен взятися обома руками за здвоєну ручку катапультивання, після чого стиснути важелі стопоріння на ній і енергійно тягнути ручку вгору на себе, не припиняючи цього зусилля аж до розчеплення замків фіксації льотчика в кріслі, коли ручка разом з відкриттям замків фіксації відокремиться від крісла.

Послідовність спрацьовування всіх елементів систем крісла з катапультиванням після витягування ручки представлена на рис. 1.21:

1. витягування здвоєною ручки;
2. примусове спрацьовування механізму притягнення плечових ременів;
3. опускання обмежувачів розкиду рук;
4. спрацьовування піропатрона скидання ліхтаря;
5. відкриття замків фіксації відкидної частини ліхтаря;
6. аварійне скидання відкидної частини ліхтаря;

7. розблокування СМ скинутим ліхтарем;



Мал. 1.21. Схема катапультивання на кріслі КМ-1

8. спрацьовування СМ висмикуванням чеки;

9. тиском газів в СМ від спрацьованого піропатрона відбувається переміщення крісла з льотчиком вгору по напрямних рейках кабіни;

10. висовування телескопічного парашутного механізму і введення в потік першого стабілізуючого парашута;

11. висмикування перемістившимся кріслом гнучкої шпильки і включення приладу-автомата, налаштованого на певну висоту в залежності від рельєфу місцевості, де експлуатується літак, і на максимально необхідний час для загальмування крісла з умов катапультивання на максимальну швидкість;

12. роз'єднання колодок ОРК і перехід на постачання кисня від кисневої системи, що знаходиться в кріслі, замість бортової кисневої системи;

13. від'єднання колодки включення автомата КПА-4, з'єданого з бортовою системою приймача повітряного тиску, який встановлює час

затримки відстрілу штанги парашутного механізму в залежності від швидкості польоту в момент катапультивання. Автомат спрацьовує на швидкостях 130 ... 1200 км/год по приладу з необхідною затримкою за часом;

14. фіксація ніг льотчика в ножних опорах;

15. займання порохового заряду;

16. вихід крісла з кабіни і розворот його стабілізуючим парашутом;

17. відстріл штанги механізму першого стабілізуючого парашута по заданому часу на автоматі КПА-4 (затримка в залежності від швидкості літака в момент катапультивання) і повернення обмежувачів розкиду рук у вихідне положення;

18. висмикування гнучкої шпильки включення приладу автомата при відстрілі штанги першого стабілізуючого парашута, зі штангою якого гнучка шпилька з'єднана тросовою проводкою;

19. расчековка клапанів заголовника і введення в дію другого стабілізуючого парашута;

20. спуск крісла з льотчиком на другому стабілізуючому парашуті до висоти настройки автоматів, де після спрацьовування одного з них спрацьовує система відкриття замків фіксації;

21. відкривання захоплення ніг і відділення ручки управління катапультиванням;

22. відкривання верхнього замку фіксації;

23. відкривання бічних замків фіксації рамки, звільнення рамки з льотчиком від крісла;

24. після відкриття верхнього замку відкидання заголовника і звільнення спинки з рятувальним парашутом;

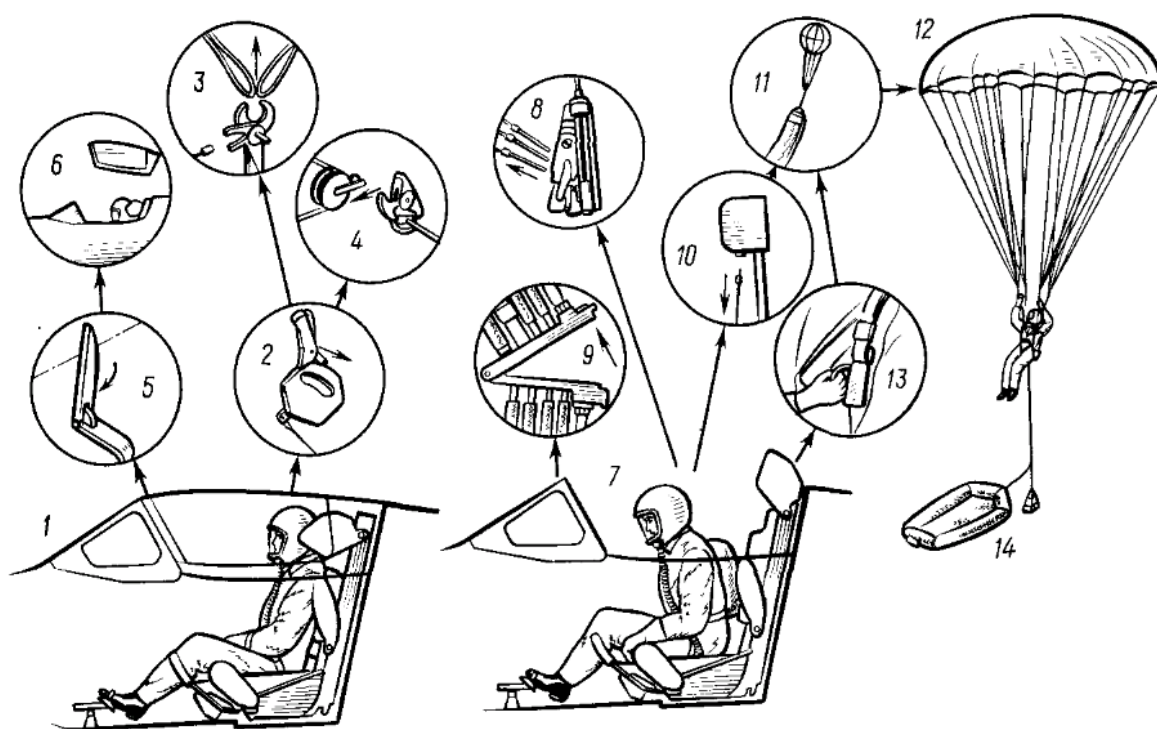


25. після відкриття верхнього замку відділення другого стабілізуючого і введення в дію рятувального парашутів;

26. на висоті 1000 м спрацювання автомата, що відокремлює НАЗ і човен.

Покидання літака без катапультивання або введення рятувального парашута після катапультивання, якщо введення парашута не сталося за штатною схемою (на випадок відмови або пошкодження системи катапультивання), проводиться в іншій послідовності.

Послідовність дії льотчика і спрацювання систем крісла при покиданні літака без катапультивання представлена на мал. 1.22



Мал. 1.22. Схема покидання літака без катапультивання в кріслі КМ-1  
(автономне покидання)

Прийнявши рішення на покидання літака без катапультивання, льотчик, перебуваючи з кабіні літака, повинен зробити дії за вказаними нижче пп. 2, 5, 7, 13, 14, решта виконує автоматика:

1) притягнуться експлуатаційним плечовим притягом, для чого відхилити вправо і взяти на себе ручку притяга на лівому щитку чашки крісла, а після зафіксованого в притягнутому положенні ручку відпустити;

2) стиснути і підтягнути на себе ручку на правому щитку крісла;

3) при відтягнутому положенні ручки на правому щитку забирається штир, що фіксує кільця замку зв'язку, і відкривається верхній замок, звільняючи троси другого стабілізуючого парашута і трос фіксації заголовника;

4) одночасно відкриваються бічні замки, що фіксують рамку, звільняючи від крісла рамку з льотчиком;

5) рукояткою аварійного скидання ліхтаря, що знаходиться на правій підліхтарній панелі, скинути ліхтар, для чого треба повернути її і потягнути на себе;

6) відкриваються замки фіксації ліхтаря, і він скидається;

7) нахилитися вперед для проходу ранця рятувального парашута повз заголовника;

8) відкривається замок зв'язку рятувального парашута з другим стабілізуючим парашутом;

9) роз'єднується ОРК;

10) включається прилад-автомат, який автоматично через певний час расчекует ранець рятувального парашута;

11) випускається витяжний парашут;

12) після виходу витяжного випускається основний рятувальний парашут;

13) для дублювання випуску рятувального парашута витягнути кільце з кишені на підвісній системі;

14) на висоті менше 1000 м відокремити НАЗ; човен і НАЗ зависають на 15-метровому валу.

Наведена послідовність (див. мал. 1.21) не відображає режиму польоту літака в момент катапультивання, в той час як від режиму, тобто від висоти і швидкості польоту, будуть залежати умови роботи системи катапультивання. Таких режимів три: режим перший, швидкість = 130 ... 500 км/год; висота = 3000 м і нижче; II режим -  $V = 500 \dots 1200$  км/год; Висота = 3000 м і нижче; III режим -  $V = 500 \dots 1200$  км/год; Висота = 3000 м і більше.

Режим 1. Катапультивання при розбігу або пробігу на  $V = 130$  км/год і на швидкостях до 500 км/год з висотами менше 3000 м має однакову послідовність спрацьовування.

Витягування ручки катапультивання супроводжується раніше описаної послідовністю, відмінність буде лише в часі затримки в відстрілюванні стабілізуючої штанги для введення другого стабілізуючого парашута. У першому режимі відстріл стабілізуючої штанги відбувається після спрацьовування КПА без затримки і тому другий стабілізуючий парашут вводиться відразу після спрацьовування автомата ППК, налаштованого на час 1,5 с. Гнучка шпилька цього автомата висмикується відстрілом стабілізуючою штанги з першим стабілізуючим парашутом.

Режим 2. Катапультивання в польоті при  $V_{\text{інд}} = 500 \dots 1200$  км/год і висоті польоту нижче 3000 м. При цьому режимі відстріл стабілізуючою штанги і введення другого стабілізуючого парашута відбувається після спрацьовування комбінованого парашутного автомата з затримкою за часом від нуля (при  $V_{\text{інд}} = 500$  км/г) до 1,8 с (при  $V_{\text{інд}} = 1200$  км/г). На рис. 1.11 представлена анаграма роботи автоматів. При відстрілюванні стабілізуючої штанги включається автомат, що відкриває замки фіксації автоматично через певний час.

На другому стабілізуючому парашуті відбувається гальмування крісла до  $V_{\text{інд}} = 500$  км/год, при якій відбувається спрацьовування автомата, що відкриває замки системи фіксації, відділення льотчика від крісла і весь подальший процес, як і при першому режимі.

Режим 3. Катапультивання відбувається при  $V_{\text{інд}} = 500 \dots 1200$  км/год і висоті вище 3000 м. При цьому режимі процес спрацьовування систем відбувається, як при другому режимі, до спрацьовування годинникових механізмів напіваавтоматів ППК, налаштованих на час 1,5 і 3,5 с, однак відкриття замків системи фіксації не відбувається, так як анероїдні пристрої блокують спрацьовування автоматів до зниження крісла з льотчиком на двометровому стабілізуючому парашуті на висоту 3000 м. на цій висоті анероїдний пристрій знімає блокування, автомат спрацьовує, відкриваючи замки системи фіксації льотчика в кріслі, і подальший процес продовжується, як в першому і другому випадках.

Досить докладний опис крісла КМ-1 дає загальне уявлення про роботу всіх систем крісел третього покоління, так як принципові схеми крісел різних ОКБ незначно відрізняються між собою. Вони представляються тут в значно скороченому вигляді.[5]

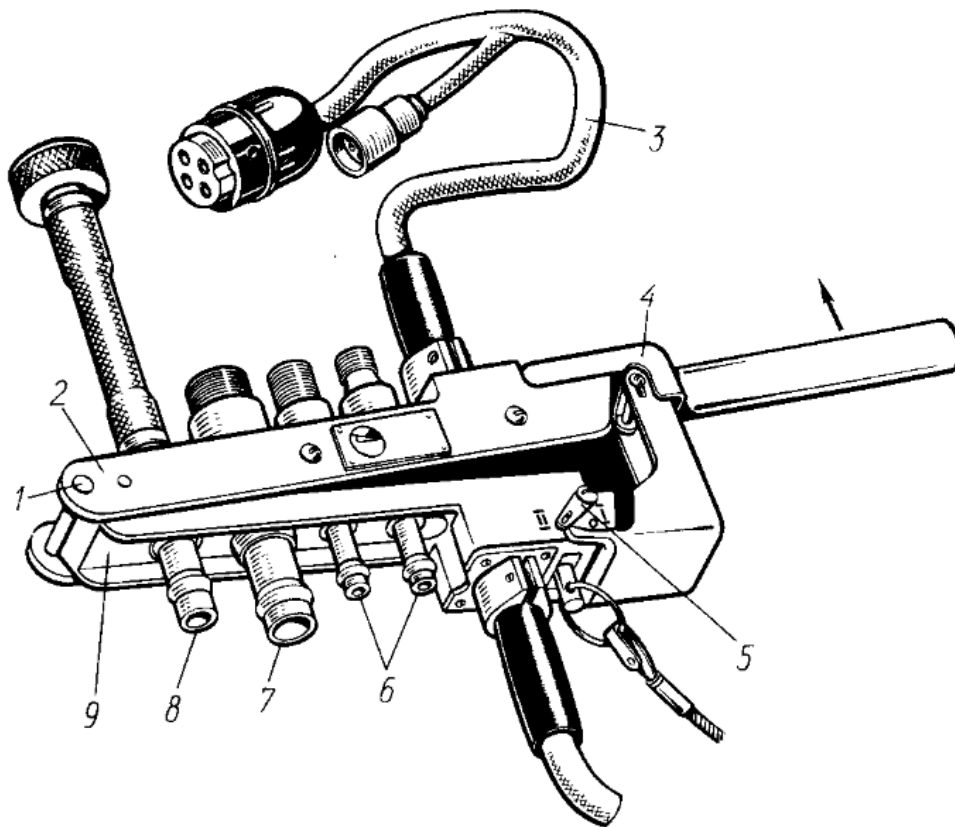
### **1.5. Системи роз'єднання зв'язку з бортом літака.**

Об'єднаний роз'єм комунікацій крісла катапульти (ОРК.) (Мал. 1.23) встановлено на відокремлюваній разом з льотчиком рамці і служить для одночасного автоматичного роз'єднання всіх комунікацій бортового обладнання від особистого спорядження льотчика і автоматичного перемикання постачання кисню від бортової кисневої системи на аварійний парашутний кисневий прилад (типу КП-27), змонтований в рамці.

ОРК складається з двох колодок: нижньої і верхньої. Верхня колодка жорстко з'єднана з рамкою. При катапультиванні нижня колодка з приєднаними до неї шлангами і джгутом радіо і електрообладнання

залишається на борту літака. Верхня колодка зі шлангами і аварійним кисневим приладом йде з льотчиком.

У штуцерах верхньої колодки розміщені зворотні клапани, які в момент катапультивання закриваються і тим самим виключають витік кисню з парашутного кисневого приладу.



Мал. 1.23 Об'єднаний роз'єм комунікацій ОРК-ІА крісла катапульти:

1 - вісь обертання; 2, 9 - відповідно верхня і нижня колодки; 3 - джгут радіо і електрообладнання; 4 - ключ (для закриття роз'єму); 5 - запобіжник; 6 - штуцери кисневої лінії; 7 - штуцер лінії вентиляції костюма; 8 - штуцер лінії піддавлення ППК льотчика

### **1.6. Обґрунтування вибору прототипу.**

Згідно з технічним завданням:

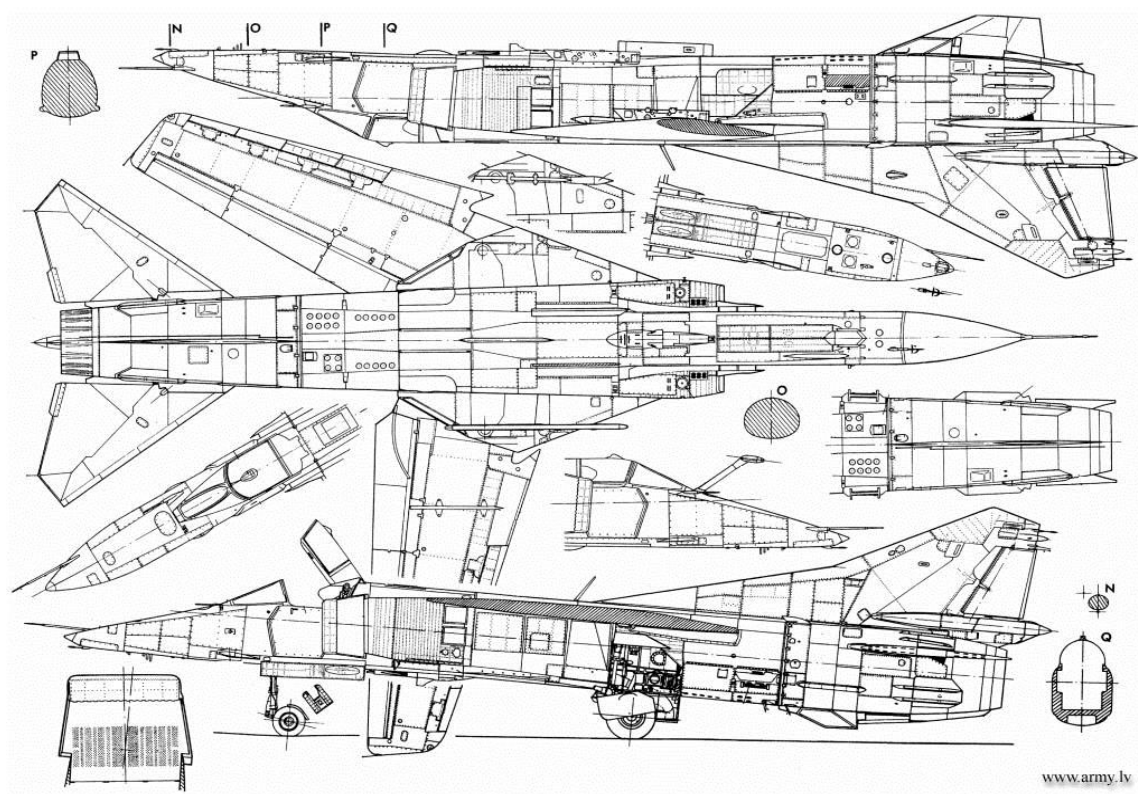
- Висота катапультивання 100 м.
- Швидкість польоту 720 км/год.
- Швидкість катапультивання  $V_k = 20 \text{ м/с}$ .
- Вага пілота та крісла  $G_0 = 180 \text{ кг}$ .
- Направляючі крісла розташовані до горизонту під кутом  $\alpha = 70^\circ$

Згідно з цим списком вимог виберемо літак прототип.

Найбільш зручним варіантом такого літака є винищувач МіГ 23. По перше він відповідає поставленому завданню, по друге такий літак є на кафедрі.

МіГ-23 (з кодифікації НАТО: Flogger - англ. Бичеватель) - радянський багатоцільовий винищувач з крилом змінної стріловидності. Дослідний літак зі змінною стріловидністю крила «23-11» здійснив перший політ 10 червня 1967 року (мал. 1.24). [6]

ТТХ МіГ-23	
Екіпаж	1
Довжина, м	16,7
Розмах крила, м	7,78 / 14,0
Висота, м	5,0
Площа крила, м <sup>2</sup>	34,16 / 37,27
Кут стріловидності по передній кромці	74°40' / 47°40' / 18°40'
Максимальна злітна маса, кг	20 100
Силова установка	1 × ТРДДФ Р35
Максимальна допустима швидкість, км/ч	2,35 Маха
Практична стеля, м	17 700
Максимальне експлуатаційне перевантаження	+ 8,5 g
Крісло катапульта	КМ-1



Мал.1.24 Загальний вигляд літака прототипу МіГ-23.

## **Висновок**

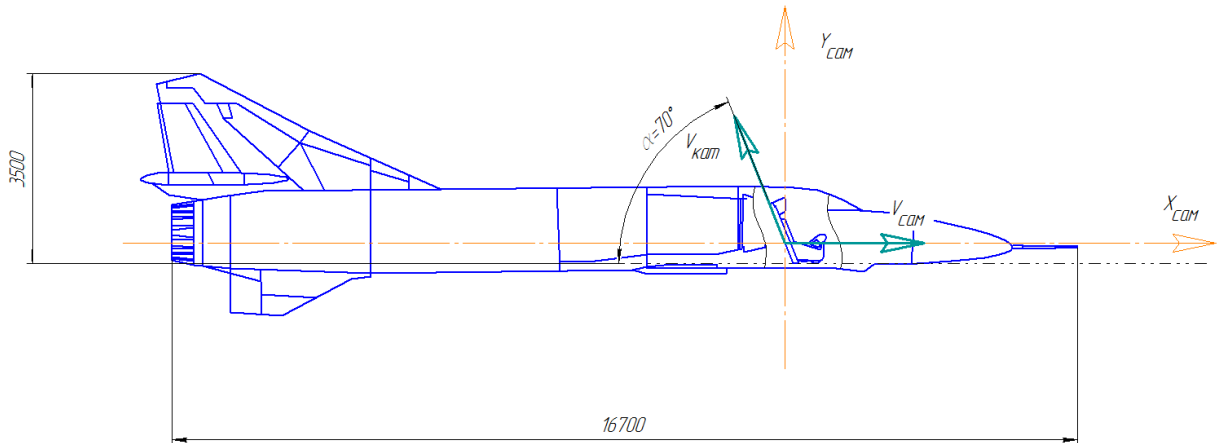
В даному розділі було проведено вивчення засобів порятунку екіпажу, огляд основних агрегатів та конструктивної схеми катапультного крісла. Було переглянуто та проаналізовано існуючі прототипи катапультних крісел, принципи їх роботи, складові частини а також їх недоліки та переваги.



## 2. Розрахунок основних параметрів крісла-катапульти

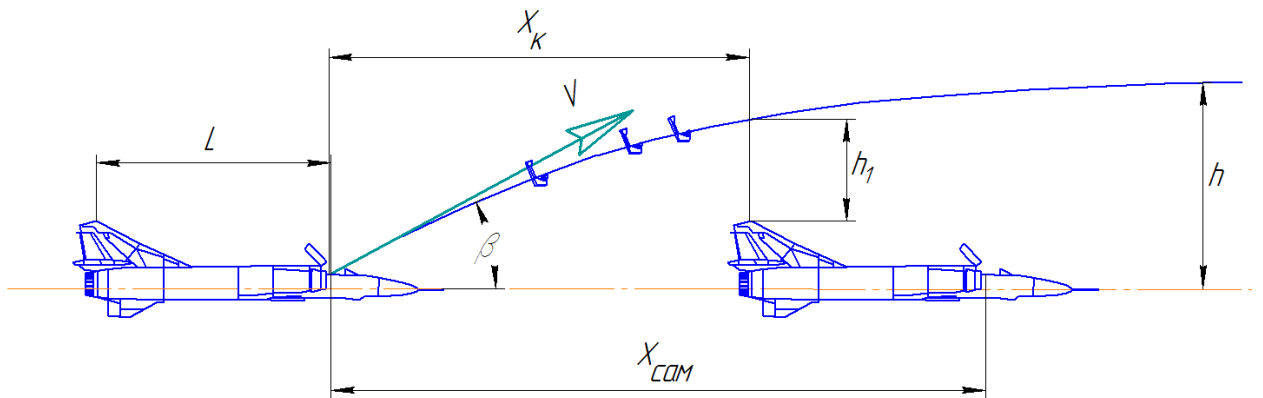
### 2.1. Розрахунок траєкторії руху катапультного крісла.

Схема катапультивання показана на мал. 2.1. В момент катапультивання проекції швидкостей на осі  $x$  і  $y$  будуть:



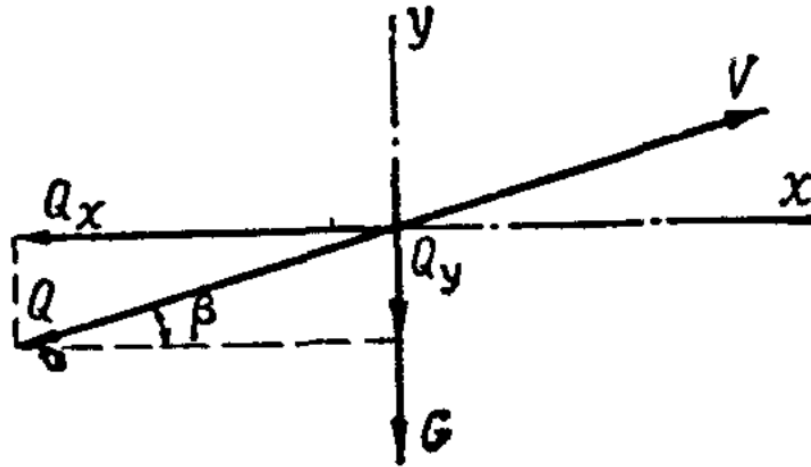
Мал. 2.1 Схема розміщення крісла в літаку під час катапультивання.

У зв'язку з наявністю вертикальної складової і тим, що  $V_{cam} > V_{cat}$ , траєкторія крісла з льотчиком в цьому випадку буде такою, як показано на мал. 2.2.



Мал. 2.2. Схема руху крісла катапульти щодо літака при горизонтальному польоті.

Сили, що діють на крісло з льотчиком після катапультивання, показані на схемі мал. 2.3.



Мал. 2.3. Схема сил, що діють на крісло з льотчиком після катапультивання.

Рівняння руху крісла, як відомо, можна записати в наступному вигляді:

$$m \frac{dV_x}{dt} = -Q_x, \quad (2.1)$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = -(G + Q_y). \quad (2.2)$$

Тоді

$$Q_x = \frac{\rho V^2}{2} c_{\kappa} f_{\kappa} \cos \beta,$$

$$Q_y = \frac{\rho V^2}{2} c_{\kappa} f_{\kappa} \sin \beta.$$

Тоді, розділивши обидві частини рівнянь на  $m$ , одержимо

$$\frac{dV_x}{dt} = -\frac{\rho}{2m} c_{\kappa} f_{\kappa} V^2 \cos \beta,$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -\left( g + \frac{\rho}{2m} c_{\kappa} f_{\kappa} V^2 \sin \beta \right).$$

Прийmemo

$$k = \frac{\rho}{2m} c_{\kappa} f_{\kappa}. \text{ Тоді}$$

$$\frac{dV_x}{dt} = -k V^2 \cos \beta, \quad (2.3)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -(g + kV^2 \sin \beta). \quad (2.4)$$

Проекції збільшення швидкості на осі  $x$  і  $y$  можна записати так:

$$\Delta V_x = -kV^2 \cos \beta \Delta t, \quad (2.5)$$

$$\Delta V_y = -(g + kV^2 \sin \beta) \Delta t. \quad (2.6)$$

Задаючись при розрахунку відрізками часу  $\Delta t$ , получим  $\Delta V_x$  и  $\Delta V_y$ .

Очевидно, чим менше відрізки часу, тим точніше буде результат розрахунку.

По  $\Delta V_x$  и  $\Delta V_y$  розраховуємо

$$V_{x_n} = V_{x_{n-1}} - \Delta V_x,$$

$$V_{y_n} = V_{y_{n-1}} - \Delta V_y.$$

По  $V_{x_n}$  и  $V_{y_n}$  розраховуємо

$$V = \sqrt{V_{x_n}^2 + V_{y_n}^2},$$

$$\sin \beta = \frac{V_y}{V},$$

$$\Delta h = \frac{V_{y_n} + V_{y_{n+1}}}{2} \Delta t,$$

$$h = \sum \Delta h,$$

$$\Delta x_\kappa = \frac{V_{x_n} + V_{x_{n+1}}}{2} \Delta t,$$

$$x_\kappa = \sum \Delta x_\kappa.$$

По  $t = \sum \Delta t$  розраховуємо

$$x_{сам} = V_{сам} t.$$

При  $x_{сам} - x_\kappa = L$  крісло з льотчиком буде розташовуватися над верхньою точкою хвостового оперення літака (див. мал. 2.2).

За  $V$  обчислюємо число Маха

$$M = \frac{V}{a},$$

і за графіком залежності  $c_k$  від  $M$  знаходимо значення  $c_k$  для даної ділянки часу.

По  $\Delta J = \sqrt{\Delta J_x^2 + \Delta J_y^2}$  визначаємо перевантаження  $n = \frac{\Delta J}{g}$ .

Проведемо розрахунок траєкторії крісла після катапультування згідно з технічним завданням.

На висоті 100 м при швидкості горизонтального польоту літака 200 м/с (720 км/год) катапультовано крісло з льотчиком зі швидкістю  $V_k = 20$  м/с. Вага крісла з льотчиком  $G = 180$  кг. Початкова аеродинамічна характеристика крісла з льотчиком  $c_k f_k = 0,385$  м<sup>2</sup>. Коефіцієнт  $c_k$  змінюється по числу  $M$  (рис. 2.4). Напрямні крісла розташовані під кутом  $\alpha = 70^\circ$  до горизонту;  $L = 10,8$  м (див. мал. 2.2).

Далі необхідно обчислити траєкторію крісла з льотчиком з моменту катапультування і до досягнення кріслом верхньої точки траєкторії.

1. Визначаємо початкові умови

$$\Delta t = 0; t = 0; \alpha = 70^\circ; V_k = 20 \text{ м / с}; \sin \alpha = 0,9397; \cos \alpha = 0,342;$$

$$V_{k_x} = V_k \cos \alpha = 20 \cdot 0,342 = 6,84 \text{ м / с};$$

$$V_{x_0} = V_{сам} - V_{k_x} = 200 - 6,84 = 193,52 \text{ м / с};$$

$$V_y = V_k \sin \alpha = 20 \cdot 0,9397 = 18,794 \text{ м / с};$$

$$V = \sqrt{V_{x_0}^2 + V_y^2} = \sqrt{193,52^2 + 18,794^2} = 194,43 \text{ м / с}; V^2 = 37803;$$

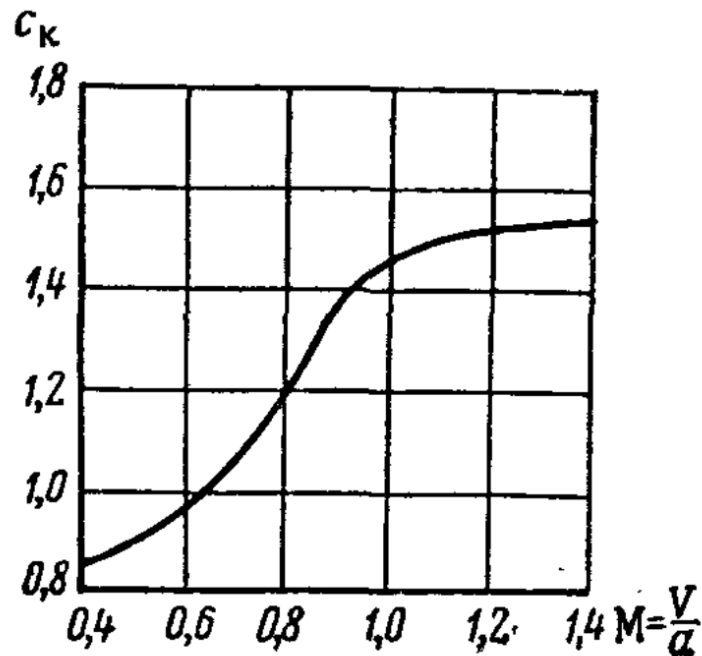
$$V^2 = 37803; m = \frac{180}{9,81} = 18,349 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}; M = \frac{V}{a} = \frac{194,43}{340} = 0,572;$$

$$c_k = 1; c_k f_k = 0,385 \text{ м}^2; k = \frac{\rho_0}{2m} c_k f_k = \frac{0,385}{8 \cdot 2 \cdot 18,349} = 0,0013114;$$

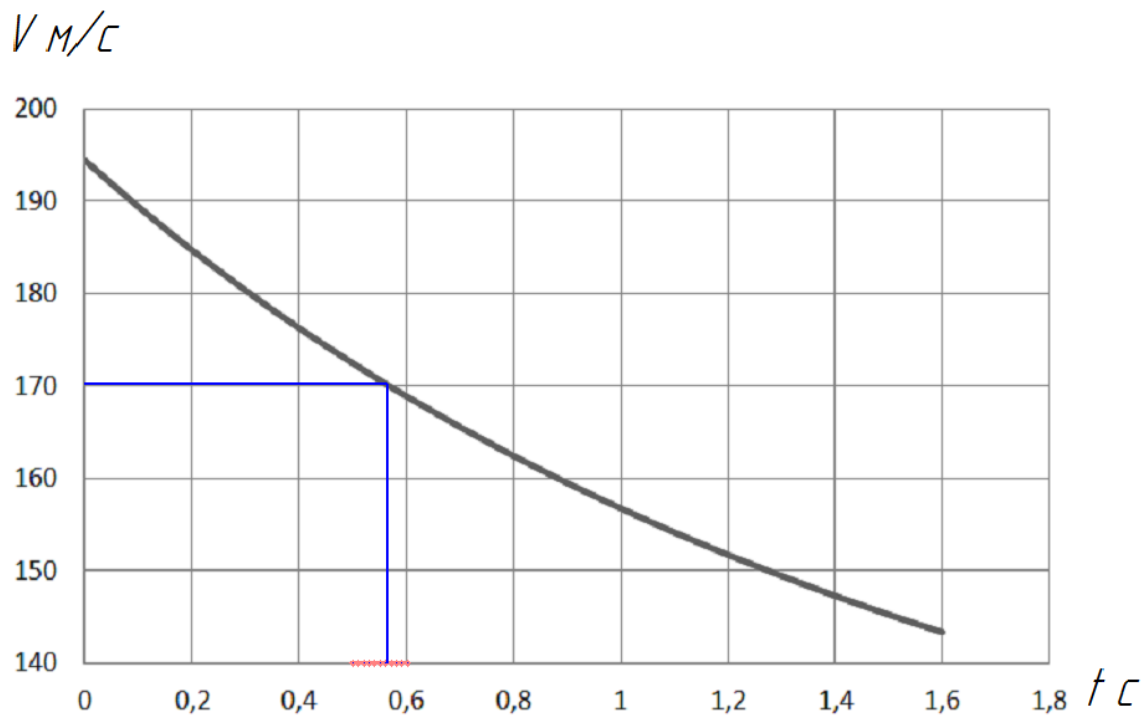
$$\frac{\rho_0}{2m} = 0,0034062;$$

$$\sin \beta = \frac{V_y}{V} = \frac{18,794}{194,43} = 0,09667; \cos \beta = 0,9953$$

2. Проводимо обчислення. Результати обчислень зводимо в табл. 2.1; потім будуємо графіки мал. 2.4-2.8.



Мал.2.4. Зміна коефіцієнта опору крісла по числу М.



Мал. 2.5. Зміна швидкості крісла по часу після катапультивання.

Визначаємо час до моменту проходження крісла з льотчиком над верхньою точкою хвостового оперення, т. т., коли

$$x_{сам} - x_k = L$$

З мал. 2.6 випливає, що при  $L=10$  для розглянутого прикладу  $t=0,565$  с.

Таблиця 2.1.

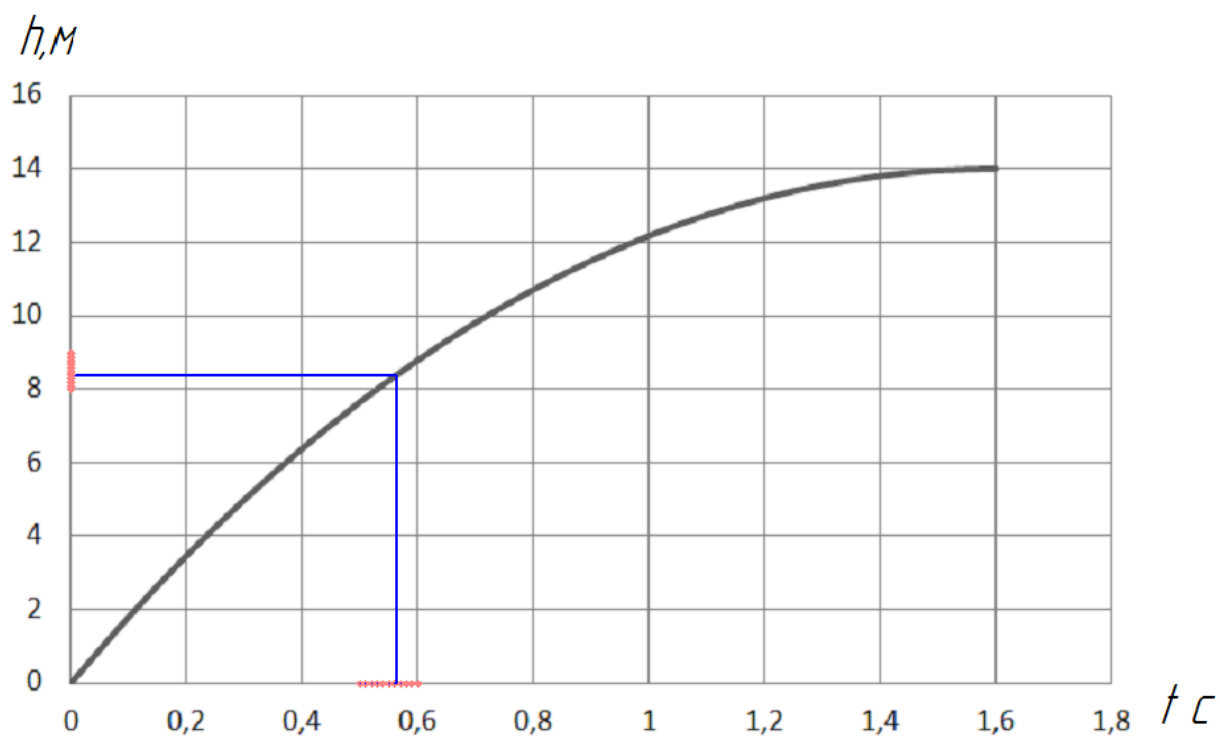
Основні розрахункові параметри траєкторії руху крісла катапульти після відділення від літака

dt	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
t	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
dVx	0,00	-4,93	-4,59	-4,27	-3,99	-3,72	-3,49	-3,27	-3,07
Vxn	193,52	188,59	184,00	179,73	175,74	172,02	168,53	165,27	162,20
qrtVx	37449,99	35564,59	33855,82	32302,26	30885,69	29590,54	28403,45	27312,90	26308,91
dVy	0,00	-1,46	-1,40	-1,35	-1,30	-1,26	-1,22	-1,19	-1,16
Vyn	18,79	17,33	15,93	14,58	13,28	12,01	10,79	9,60	8,44
qrtVy	353,21	300,46	253,81	212,59	176,26	144,33	116,41	92,14	71,24
qrtV	37803,20	35865,05	34109,63	32514,85	31061,94	29734,87	28519,86	27405,05	26380,14
V	194,43	189,38	184,69	180,32	176,24	172,44	168,88	165,54	162,42
M	0,57	0,56	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48
ckfk+cnfn	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35	0,35	0,34	0,33	0,32
κ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sinb	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
cosb	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
dJx	-49,34	-45,86	-42,71	-39,85	-37,24	-34,86	-32,67	-30,66	-28,80
qrtdJx	2434,68	2103,35	1824,33	1588,07	1387,00	1215,06	1067,38	940,01	829,72
dJy	-14,60	-14,03	-13,51	-13,04	-12,62	-12,24	-11,90	-11,59	-11,31
qrtdJy	213,22	196,71	182,47	170,12	159,35	149,93	141,65	134,35	127,89
dJ	51,46	47,96	44,80	41,93	39,32	36,95	34,77	32,78	30,95
n	5,25	4,89	4,57	4,27	4,01	3,77	3,54	3,34	3,15
dh	0,00	1,81	1,66	1,53	1,39	1,26	1,14	1,02	0,90
h	0,00	1,81	3,47	5,00	6,39	7,65	8,79	9,81	10,71
dxk	0,00	19,11	18,63	18,19	17,77	17,39	17,03	16,69	16,37
xk	0,00	19,11	37,73	55,92	73,69	91,08	108,11	124,80	141,17
xсам	0,00	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00	120,00	140,00	160,00
xсам-xk	0,00	0,89	2,27	4,08	6,31	8,92	11,89	15,20	18,83

Продовження таблиці 2.1.

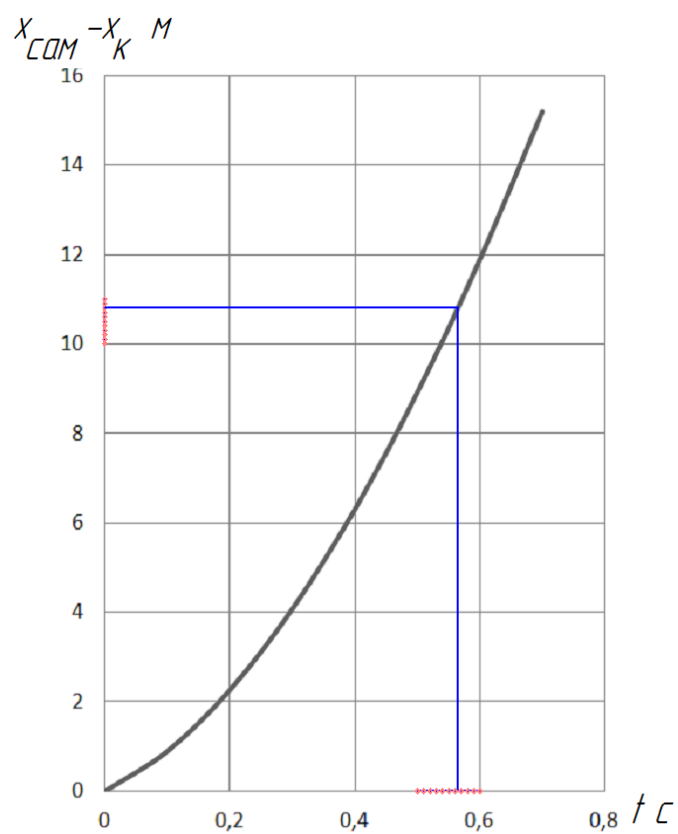
dt	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
t	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
dVx	-2,88	-2,71	-2,55	-2,40	-2,26	-2,14	-2,02	-1,90
Vxn	159,32	156,61	154,06	151,66	149,39	147,26	145,24	143,34
qrtVx	25382,7 7	24526,9 2	23734,6 8	23000,2 1	22318,3 5	21684,5 2	21094,6 7	20545,1 8
dVy	-1,13	-1,11	-1,08	-1,06	-1,04	-1,02	-1,01	-0,99
Vyn	7,31	6,20	5,12	4,06	3,02	2,00	0,99	-0,01
qrtVy	53,43	38,49	26,23	16,49	9,12	3,98	0,97	0,00
qrtV	25436,2 0	24565,4 1	23760,9 1	23016,7 1	22327,4 7	21688,5 0	21095,6 4	20545,1 8
V	159,49	156,73	154,15	151,71	149,42	147,27	145,24	143,34
M	0,47	0,46	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43	0,42
ckfk+cnf n	0,31	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26
κ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sinb	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
cosb	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
dJx	-27,09	-25,50	-24,02	-22,65	-21,37	-20,17	-19,04	-17,99
qrtdJx	733,87	650,29	577,16	512,99	456,51	406,67	362,57	323,46
dJy	-11,05	-10,82	-10,61	-10,42	-10,24	-10,08	-9,94	-9,81
qrtdJy	122,17	117,08	112,54	108,50	104,90	101,67	98,79	96,24
dJ	29,26	27,70	26,26	24,93	23,69	22,55	21,48	20,49
n	2,98	2,82	2,68	2,54	2,42	2,30	2,19	2,09
dh	0,79	0,68	0,57	0,46	0,35	0,25	0,15	0,05
h	11,50	12,18	12,74	13,20	13,56	13,81	13,96	14,01
dxk	16,08	15,80	15,53	15,29	15,05	14,83	14,62	14,43
xk	157,25	173,05	188,58	203,87	218,92	233,75	248,38	262,80
хсам	180,00	200,00	220,00	240,00	260,00	280,00	300,00	320,00
хсам-хк	22,75	26,95	31,42	36,13	41,08	46,25	51,62	57,20

Визначаємо висоту підйому крісла при його проходженні над верхньою точкою хвостового оперення. Згідно з мал. 2.6. при  $t = 0,565$  с, висота = 7,1 м.



Мал. 2.6. Зміна висоти руху крісла по часу після катапультивання.

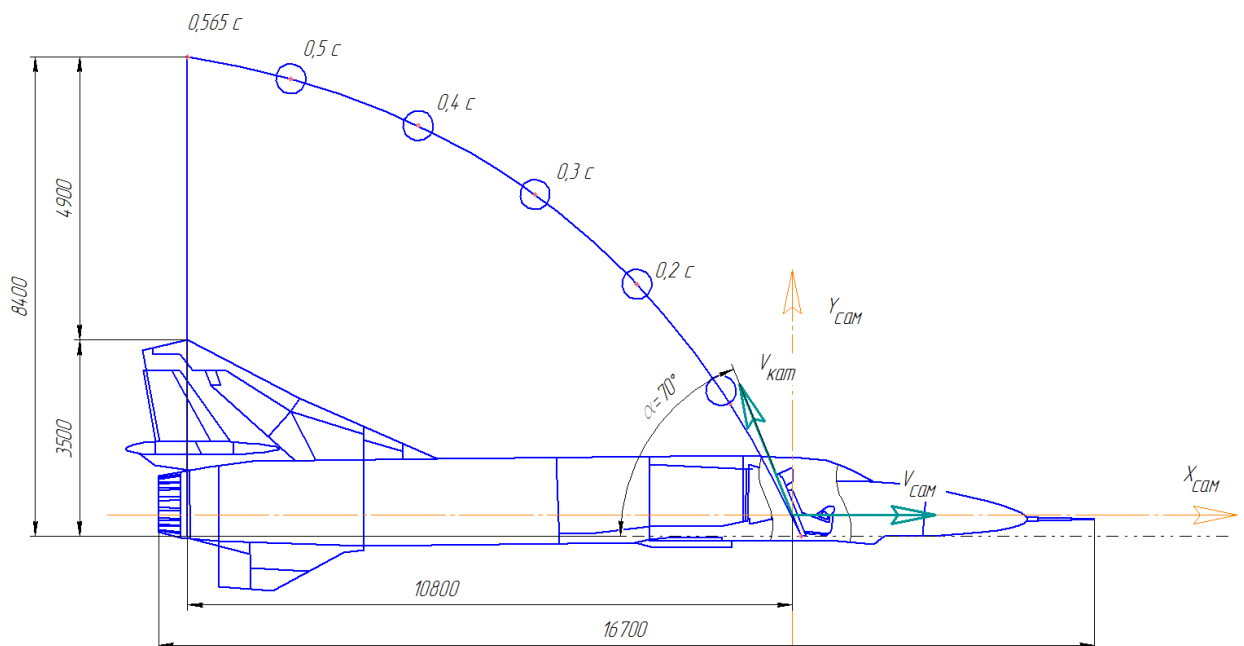
З мал. 2.7. визначаємо в який момент часу крісло порівняється з лінією максимальної висоти кіля.





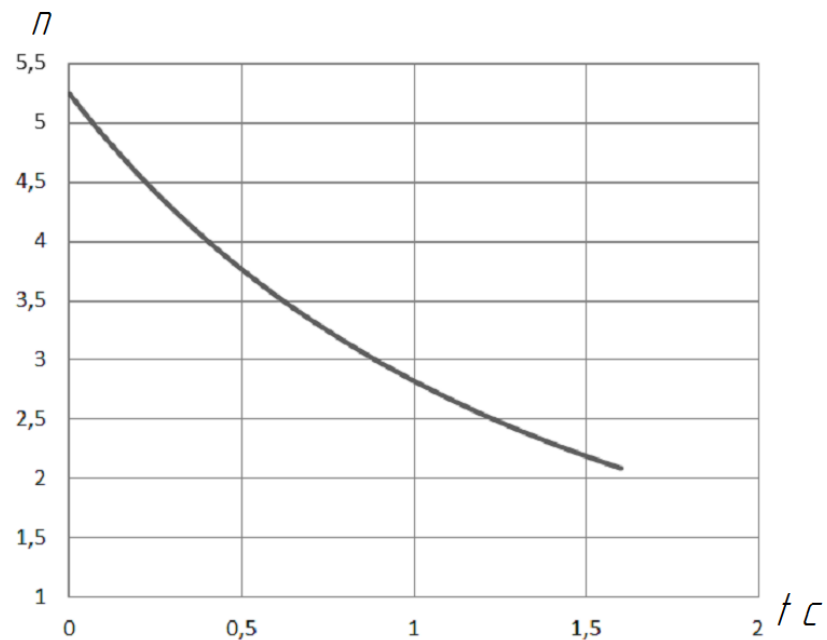
Мал. 2.7. Зміна різниці шляхів літака і крісла за часом після катапультивання

На мал. 2.8. покажемо траєкторію руху крісла після катапультивання, щодо літака.



Мал. 2.8. Траєкторія крісла після катапультивання.

Нижче мал. 2.9. Приведемо графік який показує як змінюється перевантаження.



Мал. 2.9. Зміна перевантаження за часом при гальмуванні крісла.

В результаті обчислень для нашого прикладу отримаємо такі дані:

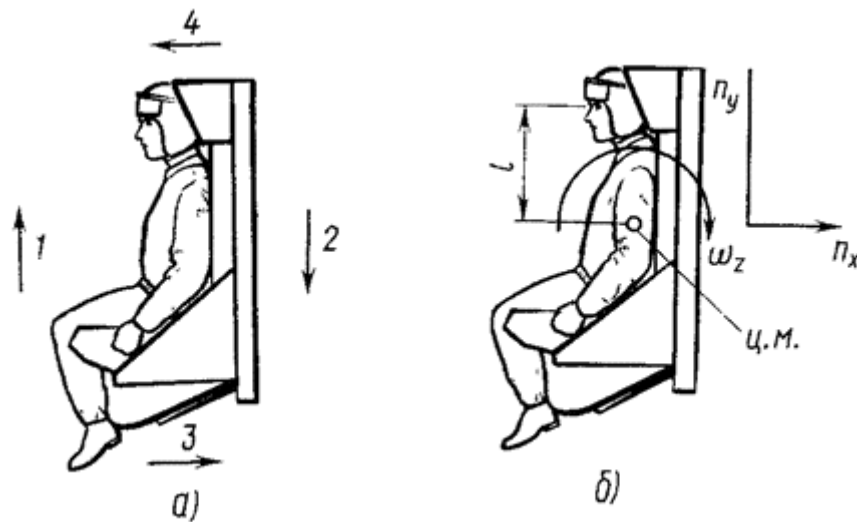
1. З моменту катапультивання крісло з льотчиком піднялося на висоту 14 м за час 1,6 с.
  2. Швидкість крісла у верхній точці траєкторії 143,336 м/с. Від цієї точки крісло рухається в повітрі так само, як тіло, скинуте з горизонтально літака на швидкості 143,336 м/с.
- Зміна швидкості крісла за часом показано на рис. 2.5.
3. Над верхньою точкою хвостового оперення крісло проходить через 0,565 с з моменту катапультивання і знаходиться на висоті 4,9 м, як показано на рис. 2.9.
  4. Перевантаження гальмування крісла з льотчиком не перевищує  $n = 5,25$ . Зміна перевантаження за часом показано на рис. 2.9.

## **2.2. Розрахунок аеродинамічних навантажень на катапультине крісло.**

Як вже раніше зазначалося, в результаті тривалих досліджень медиками в співдружності з конструкторами, ЛІИ і рядом інших організацій на самому початку зародження техніки примусового викиду льотчика з кабіни при аварії літака були відпрацьовані допустимі величини діючих перевантажень. Надалі в процесі експлуатації вносилися уточнення і в результаті були створені норми на всі види перевантажень, які вважалися допустимими без побоювання пошкодити льотчика.

Для стислості зупинимося на максимально допустимих значеннях перевантажень, що діють за чотирма напрямками щодо людини.

При катапультиванні вниз діє перевантаження в напрямку таз - голова, під час катапультивання вгору - в напрямку голова - таз і т.д., тобто завжди в напрямку, протилежному прискоренню (мал. 2.10).



Мал. 2.10. Дії сил і вектори перевантажень під час катапультивання:

*а - основні напрямки перевантажень; 1 - таз - голова; 2 - голова - таз; 3 - груди - спина; 4 - спина - груди;*

*б - спільна дія лінійних і кутових перевантажень (ц.м. - центр мас системи людина - крісло;  $n_x$ ,  $n_y$  - відповідно горизонтальна і вертикальна складові перевантаження;*

*$\omega_z$  - кутова швидкість;  $l$  - відстань від осі очей до ц.м.)*

Допустима величина перевантаження залежить від часу її дії та швидкості наростання. Чим триваліша дія і більша швидкість наростання, тим менше допускається її максимальна величина.

Крім граничних лінійних перевантажень необхідно враховувати граничні кутові швидкості, що переносяться людиною, на них також встановлено обмеження. Під граничним перевантаженням в тому чи іншому напрямку розуміється максимальне значення перевантаження хоча б в одній точці людського тіла, тобто при одночасній дії лінійного перевантаження, кутового прискорення і кутової швидкості за розрахункову величину приймається максимальне місцеве значення лінійного перевантаження починаючи з голови.

У всіх раніше проведених дослідженнях визначали максимально допустимі перевантаження, що виникають від катапультичної установки. На ці

перевантаження і орієнтувалися при створенні катапультних крісел в минулому.

Значне збільшення маневреності літаків-винищувачів останніх років, це приводить до підвищення перевантажень при маневрах, і наявна вітчизняна і зарубіжна статистика про великий відсоток вимушених покидань, скоєних під час еволюції літаків (штопор, пікірування, вихід з пікірування, обертання і т.і.), не дозволяють ними нехтувати, як раніше, так як підсумовування перевантажень катапультивання з перевантаженнями еволютивними (літаковими) приводить їх значення за межі допустимих.

Це посилюється повідомленнями друку про велику кількість покидань літаків, що знаходяться в еволютивному польоті, доповненими відомостями про те, що часто польоти відбуваються з такими навантаженнями і швидкостями їх наростання, які призводять льотчиків до втрати свідомості або до стресового стану (в цьому випадку опір до перевантажень при катапультиванні зменшується).

Ймовірно, пошкодження хребта при покиданні літаків на складних режимах польоту послужили за кордоном підставою для прийняття рішення про зниження допустимих перевантажень на кріслах, випущених в останні роки. Так наприклад, перевантаження на кріслі S-III-S-3 фірми «Стенсел» при роботі механізму відстрілу на 4 ... 6 од. нижче максимально допустимого, а при роботі прискорювача - знижені ще більше. Це підвищує безпеку під час катапультивання. Максимально допустиме навантаження на кріслі Mk.10 фірми «Мартін-Бейкер» 14 ... 16 од. зі швидкістю наростання 180 ... 210 од. в секунду. І це в той час як за первинними дослідженнями максимальне перевантаження допускалася до 20 од. і швидкість наростання - до 300 од. в секунду.

В даний час всі катапультні крісла працюють за жорсткою програмою (програмами), яка забезпечує послідовність і затримку в спрацьовуванні механізмів крісла по висоті і швидкості літака в момент катапультивання. При цьому СМ і прискорювач крісла працюють на режимах, що викликають

гранично допустимі навантаження на людину навіть в тих випадках, коли в цьому немає необхідності, як наприклад, під час катапультивання на середніх швидкостях при достатньому запасі висоти.

Виходячи з того, що еволютивні перевантаження сучасних винищувачів в разі застосування катапультивної установки можуть скласти значну добавку до перевантажень катапультивання, за кордоном прийнято вважати значення максимально допустимого перевантаження 14 ... 16 од. зі швидкістю наростання 200 од/с цілком виправданим.

Однак слід вважати ще більш ефективним заходом відмова від роботи енергодатчика, що працює за жорсткою програмою, тобто коли він створює граничні навантаження на людину незалежно від режиму катапультивання.

Останнім часом розробляються системи, які в залежності від початкових умов катапультивання керують траєкторією свого руху і оптимізують характеристики СМ і прискорювача для зниження інерційних навантажень на льотчика.

### **2.3 Розрахунок парашута**

Парашут як засіб порятунку екіпажу літака (такі парашути називають рятувальними) є надзвичайно важливим пристроєм в загальному комплексі засобів порятунку.

У випадках коли крісло-катапульта не застосовується, парашут є самостійним засобом порятунку, проте з появою катапультичних крісел, особливо повністю автоматизованих, парашут (вірніше, парашутна система, що складається з серії куполів) все більшою мірою стає складовою частиною крісла, органічно пов'язаною з його конструкцією.

У зв'язку з цим необхідно ознайомитися з основними принципами роботи рятувальних парашутів і короткими відомостями про основні елементи їх розрахунку і конструювання.

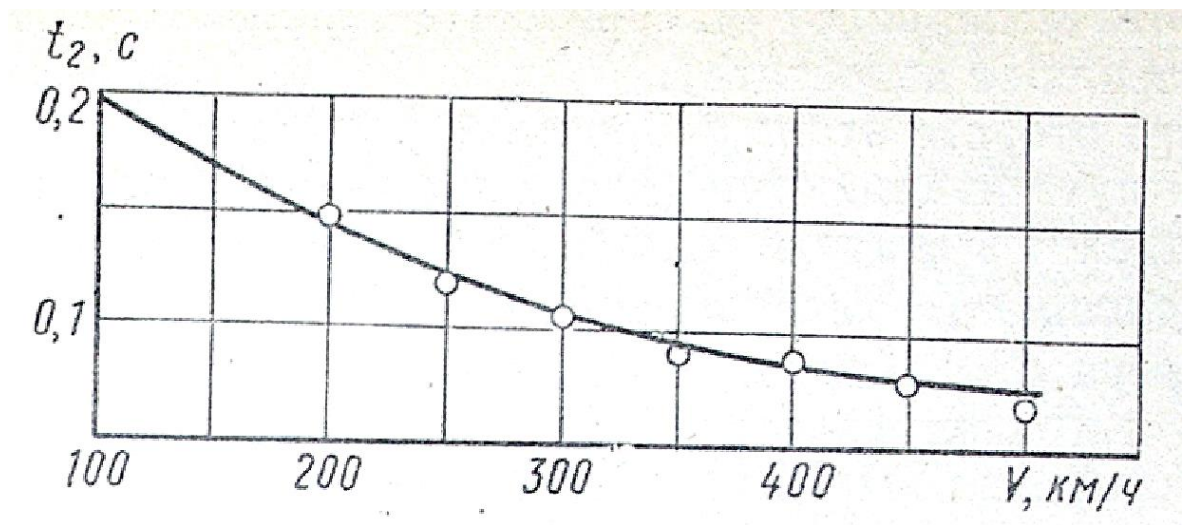
Стрибок з парашутом може бути розбитий на наступні етапи:

- а. 1 етап - вільне падіння парашутиста з моменту його відділення від літака до введення парашута в дію;
- б. 2 етап - вихід витяжного парашута з ранця і його наповнення;
- с. 3 етап - витягування купола і строп на всю їх довжину і стягування чохла з купола;
- д. 4 етап - наповнення купола парашута;
- е. 5 етап - зниження на розкритому куполі і приземлення.

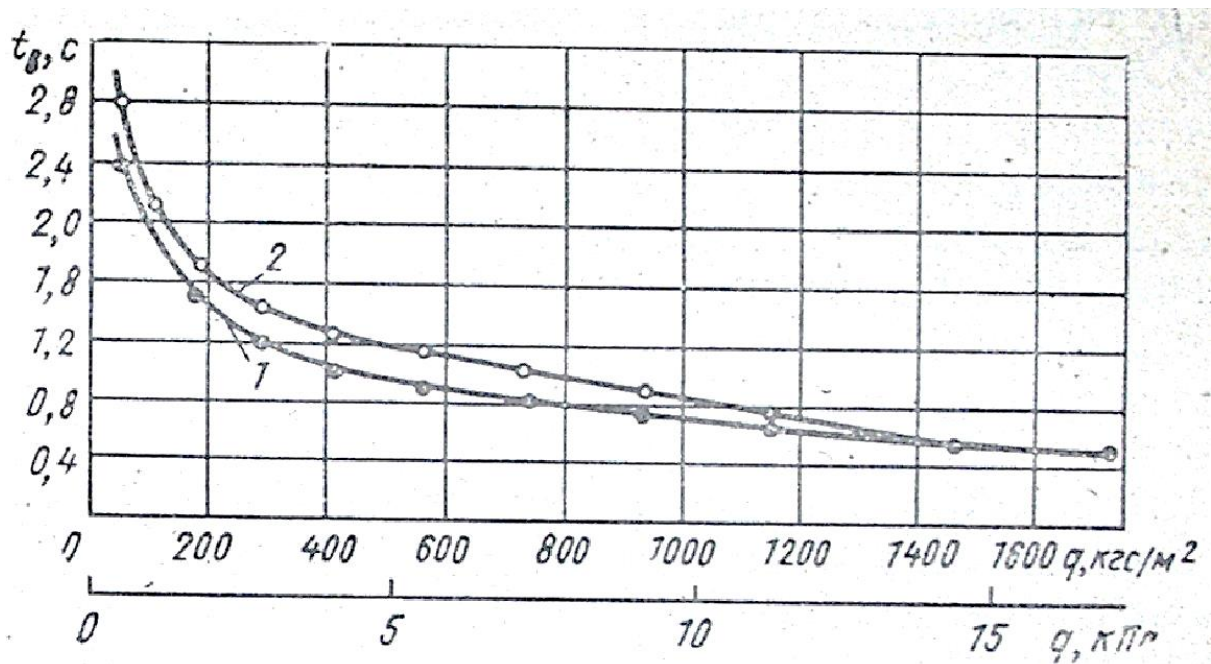
На першому етапі швидкість парашутиста змінюється від швидкості літака до швидкості в момент введення парашута в дію. Ця зміна відбувається за рахунок опору вільно падаючого парашутиста.

Тривалість першого етапу називається часом вільного падіння і позначається  $t_1$ .

При звичайних стрибках парашут вводиться в дію через 1-5 с, а при так званих затяжних стрибках, або стрибках із затримкою розкриття - через десятки або навіть сотні секунд.

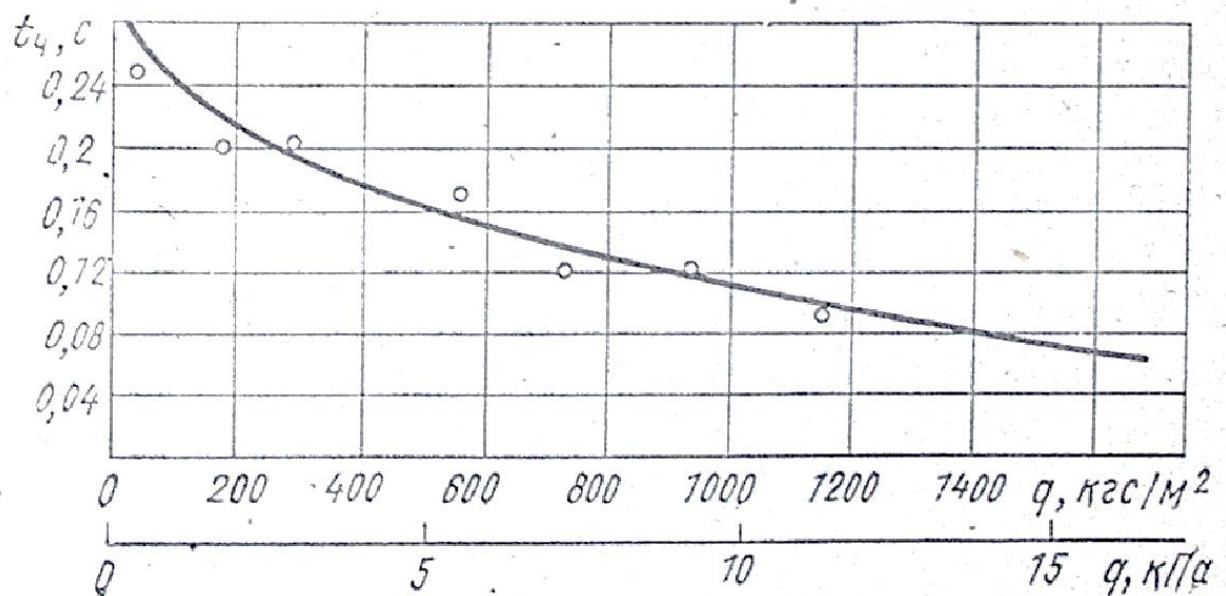


Мал. 2.11. Графік зміни часу розкриття витяжного парашута в залежності від швидкості



Мал. 2.12. Графік зміни часу витягування рятувального парашута в залежності від швидкісного напору:

1 - ПЛ-3М; 2-стрічковий парашут



Мал. 2.13. Графік зміни часу стягування чохла в залежності від швидкісного напору

Протягом другого етапу швидкість парашутиста і довжина пройденого ним шляху змінюються (як і протягом першого етапу) за законами падіння в повітрі тіла без парашута.

Час розкриття витяжного парашута  $t_2$  залежить від його конструкції, ваги і розмірів, від швидкості парашута до кінця першого етапу і інших чинників. На мал. 2.11 показано зміна часу розкриття витяжного парашута в залежності від швидкості.

Наповнений повітрям витяжний парашут, швидко втрачаючий швидкість, витягує з ранця чохол з куполом основного парашута, стропи з чохла і стягує чохол з купола. При цьому купол основного парашута разом зі стропами витягується на всю довжину.

Протягом третього етапу, якщо знехтувати тертям купола при стягуванні чохла і зусиллями, що виникають при виході строп з сот чохла, швидкість падіння парашутиста і довжина пройденого ним шляху змінюються за законами падіння тіла в повітрі без парашута.

Тривалість третього етапу  $t_3$  залежить від розмірів витяжного парашута і його ваги, від довжини купола і строп, від довжини чохла і його конструкції, швидкості падіння парашутиста до кінця другого етапу і інших чинників.

Протягом перших трьох етапів, з моменту відділення парашутиста від літака до повного витягування купола і строп на всю їх довжину, парашут як гальмівний пристрій не працює. Швидкість падіння парашутиста від швидкості  $V_c$  до  $V_0$  змінюється за рахунок опору самого парашутиста.

Час з моменту введення парашута в дію до витягування купола і строп на всю їх довжину називається часом витягування і позначається  $t_B$ ;  $t_B = t_2 + t_3$

На мал. 2.12 наведено графік зміни часу витягування рятувального парашута (для двох видів парашутів) в залежності, від швидкісного напору на рис. 2.13 - графік зміни часу стягування чохла  $t_q$  також в залежності від швидкісного напору  $q$ .

В кінці третього етапу, після витягування купола і строп на всю їх довжину, починається наповнення купола парашута. Швидкість в момент початку наповнення купола парашута позначається через  $V_0$ , час  $t_0$  відповідне цієї швидкості,  $t_0 = t_B + t_q$ .



Протягом четвертого етапу купол наповнюється, причому швидкість системи різко зменшується від  $V_0$  до  $V_H$  - швидкості кінця наповнення купола. Різке зменшення швидкості за порівняно невеликий відрізок часу призводить до того, що на купол парашута в процесі його наповнення діє значне навантаження, що досягає, максимального значення, яке в кілька разів може перевищувати вагу системи.

Час наповнення купола парашута залежить від швидкості системи до моменту початку наповнення  $V_0$ , конструкції купола, повітропроникності його тканини, довжини і кількості строп та інших факторів.

Час з моменту введення парашута в дію до повного наповнення купола парашута називається часом розкриття парашута. Це час позначається через  $t_p$  виражається сумою

$$t_p = t_B + t_q + t_H \text{ или } t_p = t_0 + t_H$$

В кінці четвертого етапу, в момент повного наповнення купола, швидкість системи  $V_H$  значно відрізняється від встановленої швидкості зниження з наповненим куполом парашута  $V_{EH}$ .

Протягом п'ятого етапу швидкість системи гаситься від  $V_H$  до  $V_{CH}$ . Якщо купол парашута наповнився повністю безпосередньо поблизу землі, то безпечне приземлення не завжди гарантовано, тому що при досить великій  $V_0$  швидкість  $V_H$  в кілька разів може перевищувати сталу швидкість вертикального зниження  $V_{CH}$ .

При розкритті на великій висоті стала швидкість вертикального зниження системи  $V_{CH}$  поступово зменшується внаслідок збільшення щільності повітря в міру зменшення висоти і перед землею досягає величини, яку зазвичай називають швидкістю приземлення  $V_{PP}$ :

$$V_{CH} = V_{PP} \sqrt{\frac{1}{\Delta}},$$

де  $\Delta = \rho_H / \rho_0$  - відносна щільність повітря.

Насправді при приземленні швидкість системи відносно землі  $V_{\text{СУМ}}$  має, крім вертикальної складової швидкості  $V_{\text{ПР}}$ , також горизонтальну - швидкість вітру  $V_{\text{В}}$ .

Таким чином, швидкість щодо землі

$$V_{\text{СУМ}} = \sqrt{V_{\text{ПР}}^2 + V_{\text{В}}^2}.$$

Тільки в безвітряну погоду (при штилі)  $V_{\text{В}} = 0$  і

$$V_{\text{СУМ}} = V_{\text{В}}.$$

З вищенаведеного розрахунку ми вже знаємо що після від'єднання пілота від крісла пілот робить тільки вертикальний рух. Проведемо спрощений розрахунок парашута.

Після відділення парашутиста від літака до початку наповнення купола парашута швидкість тіла змінюється від  $V_{\text{С}}$  до  $V_0$  по закону вільного падіння тіла в повітрі.

Розглянемо випадок, коли початкова швидкість спрямована вертикально вниз (стрибок або скидання з вертикально пікіруючого літака) або дорівнює нулю (стрибок або скидання з аеростата або гелікоптера: в режимі зависання) |

При русі на тіло діють дві сили: сила тяжіння і сила опору повітря  $Q$ :

$$Q = \frac{\rho_{\text{Н}} V^2}{2} c_{\Gamma} f_{\Gamma}, \quad (2.1)$$

Де  $\rho_{\text{Н}}$  - щільність повітря на висоті падіння тіла в  $\text{кг/м}^3$ ;

$V$ -швидкість падіння тіла в  $\text{м/с}$ ;

$c_{\Gamma}$  - коефіцієнт опору тіла (вантаж);

$f_{\Gamma}$  --площа міділевого - перерізу тіла (вантаж) в  $\text{м}^2$ .

Швидкість, при якій сила опору стає рівною вазі (силі тяжкості) системи, називають зазвичай критичною швидкістю. Так як

$$G = \frac{\rho_{\text{Н}} V_{\text{КР}}^2}{2} c_{\Gamma} f_{\Gamma}, \quad (2.2)$$

То

$$G = \frac{\rho_H V_{KP}^2}{2} c_F f_F, \quad (2.3)$$

На мал. 2.13 показано зміна критичної швидкості падіння парашутиста по висотах за умови, що у землі критична швидкість падіння парашутиста дорівнює 60 м/с. Якщо відома критична швидкість падіння тіла у землі  $V_{KP0}$ , то для швидкості на висоті  $H$  служить формула

$$V_{KP H} = V_{KP0} \sqrt{\frac{1}{\Delta}}, \quad (2.4)$$

Де  $\Delta = \rho_H / \rho_0$  – відносна щільність повітря.

При вертикальному падінні рівняння руху записується наступним чином:

$$m \frac{dV}{dt} = G - Q,$$

де  $m$  - маса вантажу разом з парашутом в кг;

$G$ - гравітаційна сила в Н.

Розділивши обидві частини на  $m$ , знаходимо

$$\frac{dV}{dt} = g \left( 1 - \frac{Q}{G} \right),$$

звідки після заміни  $Q$  і  $G$  на відповідні вирази згідно (2.1) і (2.2) отримуємо

$$\frac{dV}{dt} = g \left[ 1 - \left( \frac{V}{V_{kp}} \right)^2 \right]. \quad (2.5)$$

Перетворимо це рівняння, ввівши в якості нової змінної шлях  $H$ , який тіло проходить за час  $t$ .

Використовуючи очевидну рівність

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dH} \frac{dH}{dt} = V \frac{dV}{dH},$$

з (2.5) знаходимо

$$V \frac{dV}{dH} = \frac{d}{dH} \left( \frac{V^2}{2} \right) = g \left[ 1 - \left( \frac{V}{V_{kp}} \right)^2 \right]. \quad (2.6)$$

Виходячи в праву частину рівнянь (2.5) і (2.6) критична швидкість  $V_{кр}$  залежить від висоти. Для наближеного розв'язання задачі весь шлях розбивають на рівні ділянки і на кожному з них вважають  $V_{кр} = \text{const}$ . При цьому допущенні змінні розділяються і рівняння легко інтегруються. Інтегрування співвідношення (2.6) дає

$$H = H_{нач} + \frac{V_{кр}^2}{2g} \ln \frac{V_{кр}^2 - V_{нач}^2}{V_{кр}^2 - V^2}, \quad (2.7)$$

де  $H$  - шлях, пройдений тілом;

$t_{поч}$  - шлях, пройдений тілом до моменту початку руху на даній ділянці;

$V_{кр}$  - критична швидкість на даній ділянці (по допущенню постійна);

$V$  - швидкість, яку тіло має в даний момент.

З рівняння (2.5) знаходимо

$$t = t_{нач} + \frac{V_{кр}}{2n} \ln \frac{(V_{кр} + V)(V_{кр} - V_{нач})}{(V_{кр} - V)(V_{кр} + V_{нач})}, \quad (2.8)$$

де  $t$  - час, що минув з початку падіння;

$t_{поч}$  - час в момент початку руху на даній ділянці.

Вирішуючи (3.8) щодо  $V$  і виключаючи  $V$  з (2.7), отримуємо ще дві формули:

$$V = V_{кр} \frac{(V_{кр} + V_{нач}) e^{\frac{2g(t-t_{нач})}{V_{кр}}} - (V_{кр} - V_{нач})}{(V_{кр} + V_{нач}) e^{\frac{2g(t-t_{нач})}{V_{кр}}} + (V_{кр} - V_{нач})}, \quad (2.9)$$

$$H = H_{нач} + \frac{V_{кр}^2}{g} \ln \frac{(V_{кр} + V_{нач}) e^{\frac{2g(t-t_{нач})}{V_{кр}}} + (V_{кр} - V_{нач})}{2V_{кр} e^{\frac{2g(t-t_{нач})}{V_{кр}}}}. \quad (2.10)$$

Дані співвідношення повністю вирішують задачу про рух вертикально падаючого тіла.

На практиці формулами (2.7) - (2.10) користуються тільки до тих пір, поки швидкість значно відрізняється від критичної. Коли ж різниця між цими швидкостями стає достатньо малою (1-3% від  $V$ ), нею нехтують і вважають, що вантаж падає з критичною швидкістю.

Відзначимо також, що чим меншою вибирають довжину кожної ділянки шляху, на кожному з яких критична швидкість вважається постійною, тим з більшою точністю визначаються елементи руху падаючого тіла.

### Розрахунок геометрії парашута

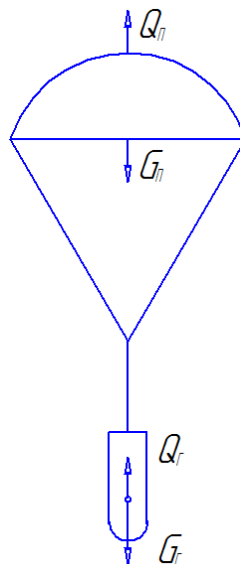
Розглянемо вертикальне зниження (мал. 2.14) системи вантаж-парашут. Будемо вважати, що купол парашута досить віддалений від вантажу і повністю наповнений.

Вагу системи і силу її лобового опору можна представити наступними сумами:

$$\begin{aligned} G_{\text{сист}} &= G_{\Gamma} + G_{\Pi}, \\ Q_{\text{сист}} &= Q_{\Gamma} + Q_{\Pi}. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Для вертикально знижувальної системи вантаж - парашут можна записати, що

$$mj = G_{\text{сист}} + Q_{\text{сист}}. \quad (1.7)$$



Мал. 2.14 Схема сил при вертикальному зниженні системи парашут-вантаж

Розглядаючи рівність (1.7), можна зробити ті ж висновки, що і для рівності (1.2).

Отже, зниження вантажу з куполом парашута, наповненим повітрям, є окремий випадок падіння довільного тіла в повітрі.

Коли

$$Q_{сист} = G_{сист},$$

То

$$Q_{сист} = \frac{\rho V_{кр}^2}{2} (c_{\Gamma} f_{\Gamma} + c_{\Pi} f_{\Pi}).$$

Прийmemo для системи вантаж-парашут

$$V_{кр} = V_{сн}.$$

Тоді

$$G_{сист} = \frac{\rho V_{сн}^2}{2} (c_{\Gamma} f_{\Gamma} + c_{\Pi} F_{\Pi}).$$

Звідси стала швидкість системи на висоті з щільністю повітря  $\rho$  буде дорівнювати

$$V_{сн} = \sqrt{\frac{2G_{сист}}{\rho(c_{\Gamma} f_{\Gamma} + c_{\Pi} F_{\Pi})}}.$$

Поблизу землі, в припущенні, що в умовах стандартної атмосфери

$\rho_0 = \frac{1}{8} \kappa g c \cdot \frac{сек^2}{м^4}$ , стала швидкість вертикального приземлення системи

$$V_{np} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot G_{сист}}{(c_{\Gamma} f_{\Gamma} + c_{\Pi} F_{\Pi})}} = 4 \sqrt{\frac{G_{сист}}{(c_{\Gamma} f_{\Gamma} + c_{\Pi} F_{\Pi})}}.$$

Як і для ізольованого тіла, швидкість приземлення системи залежить від поперечного навантаження. Змінюючи площу купола парашута  $f_{\Pi}$ , ми змінюємо поперечне навантаження, а отже, і швидкість приземлення. Тому ми можемо заздалегідь забезпечити задану швидкість приземлення системи, вибравши потрібну площу купола парашута. З формули випливає, що

$$F_{\Pi} = \frac{16G_{сист}}{c_{\Pi} V_{np}^2} - \frac{c_{\Gamma}}{c_{\Pi}} f_{\Gamma}$$

Формула показує залежність площі купола парашута  $f_{\Pi}$  від ваги системи, швидкості приземлення і коефіцієнта опору купола парашута  $C_{\Pi}$

Нижче приведемо приклад розрахунку для нашого пілота, який після від'єднання крісла катапульти знижується вертикально на парашуті, аналогічно системі парашут - вантаж.

Необхідно визначити площу купола парашута  $f_p$ , що забезпечує швидкість приземлення пілота винищувача  $V_{\text{пр}} = 5..7$  м/с якщо вага пілота в амуніції  $G_{\text{пил}} = G_{\text{г}} = 90$  кг, вага парашута  $G_{\text{п}} = 10$  кг,  $c_{\text{TfT}} = 0,5$  м<sup>2</sup> і  $c_{\text{п}} = 0,8$ .

Розрахуємо діаметр парашута необхідний для забезпечення швидкості приземлення  $V_{\text{пр}} = 5$  м/с.

$$F_{\text{п}}(5) = \frac{16 \cdot 100}{0,8 \cdot 5^2} - \frac{0,5}{0,8} \approx 80 \text{ м}^2$$
$$\Rightarrow D_{\text{п}} \approx 10,1 \text{ м}$$

Для порівняння наведемо розрахунок для  $V_{\text{пр}} = 7$  м/с.

$$F_{\text{п}}(7) = \frac{16 \cdot 100}{0,8 \cdot 7^2} - \frac{0,5}{0,8} \approx 40 \text{ м}^2$$
$$\Rightarrow D_{\text{п}} \approx 7,2 \text{ м}$$

Як бачимо для швидкості  $V_{\text{пр}} = 5$  м/с. Буде потрібно парашут в 2а рази більшої площі. Це дозволяє убезпечити пілота при приземленні, але в свою чергу вимагає деяких конструктивних особливостей парашута, наприклад збільшення довжини строп. [7]

### Висновки по розділу

Знаючи площу купола нескладно підрахувати навантаження яке діє на парашут:

$$\Delta q(80) = \frac{F_{\text{п}}}{G_{\text{п}}} = \frac{80}{90} = 0,889 \text{ кг} / \text{м}^2$$
$$\Delta q(40) = \frac{F_{\text{п}}}{G_{\text{п}}} = \frac{40}{90} = 0,444 \text{ кг} / \text{м}^2$$

### **3. Блок роз'єднання зв'язку з бортом літака**

#### **3.1. Аналіз конструктивних особливостей систем роз'єднання зв'язку з бортом літака під час катапультивання.**

У міру зростання висоти і швидкості польоту літаків і ускладнення висотного спорядження збільшувалося число необхідних комунікацій (шлангів і електропроводів), що з'єднують льотчика з приладами і агрегатами, встановленими в кабіні:

Якщо раніше для польотів на висоту до 12 км льотчика зв'язував з бортом літака один кисневий шланг і один чотирьохжильний електропровід, то в даний час для польотів на висотному надзвуковому винищувачі встановлюють такі газові і електричні комунікації:

1) шланги бортового кисневого приладу 1-3

2) повітряні лінії:

для протиперевантажувального костюма 1

для вентильованого костюма 1

3) електричні лінії:

для зв'язку (телефон і мікрофон). 4

для обігріву скла з регулятором температури. 4

Всього потрібно до п'яти газових і восьми електричних комунікацій.

Для безпечного катапультивання необхідно забезпечити миттєве роз'єднання всіх перерахованих комунікацій з помірними зусиллями, близько 400-500 Н. Одночасно повинні герметично закриватися (з боку льотчика) ті газові комунікації, по яким подавалися від бортових приладів кисень в гермошлем і натяжні камери компенсуючого костюма або кисень і повітря - в скафандр. Якщо цього не зробити, то на великій висоті льотчик не матиме необхідного для організму тиску і може загинути.

Перекрыття комунікацій здійснюється автоматично за допомогою зворотних клапанів.



На сухопутному літаку повітряні лінії протиперевантажувального і вентилязованого костюмів; можуть не мати зворотних клапанів. Однак якщо це спорядження використовується в поєднанні з морським костюмом для польотів над морем, то очевидно, що зворотні клапани в цих комунікаціях необхідні для запобігання від попадання в костюми води.

Застосовувані на літаках швидкодіючі роз'єми комунікацій можна розділити на два види:

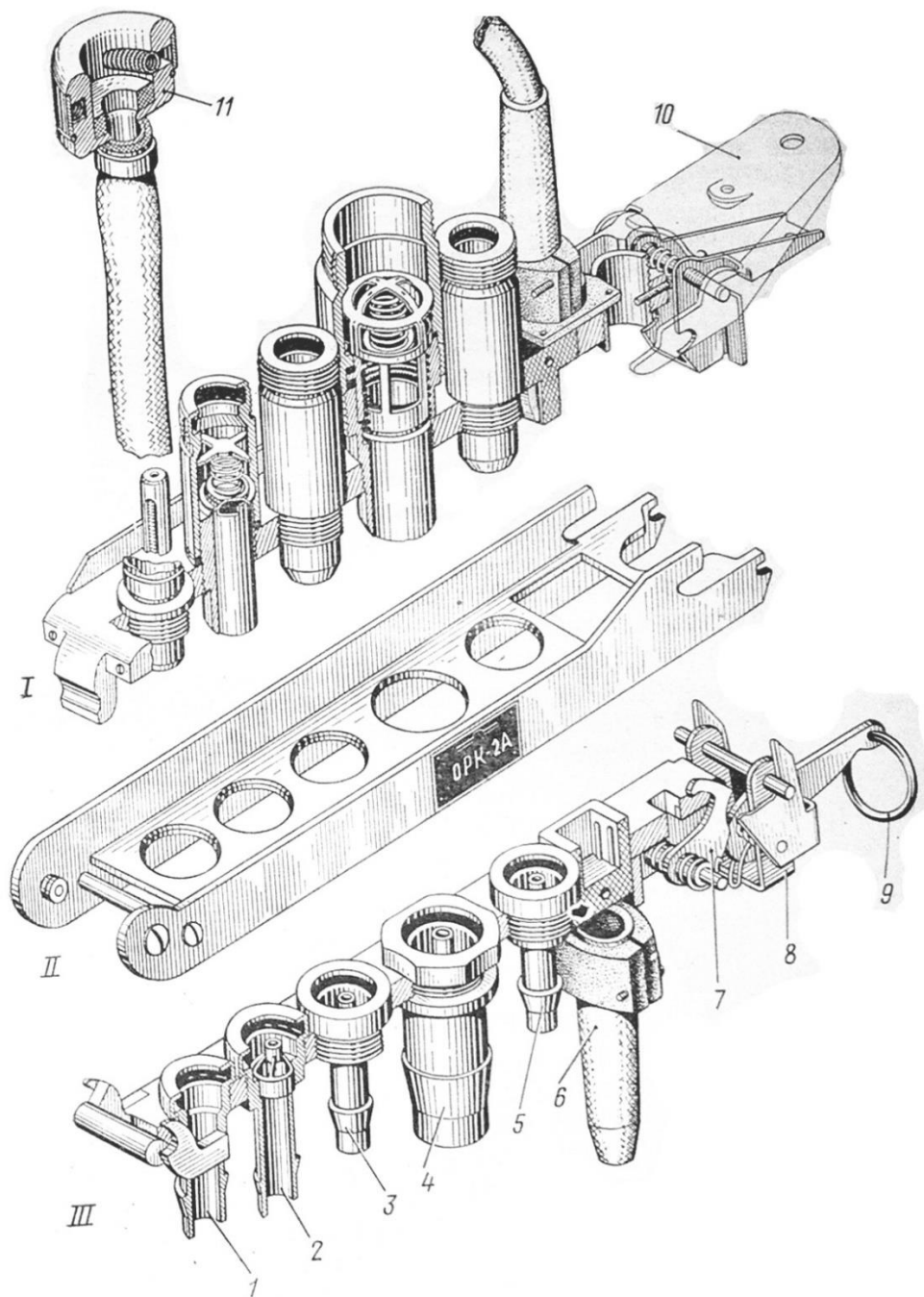
- 1) муфти з тарованим зусиллям (надалі просто «муфти»);
- 2) роз'єми з механічними замками, що відкриваються за допомогою фала, закріпленого на борту літака.

Муфти доцільно застосовувати тільки для тих видів спорядження, порушення герметичності яких на великій висоті не викликає втрату свідомості у льотчика. Сюди відносяться протиперевантажувальні і окремі вентилязовані костюми (якщо останній застосовується без висотного скафандра).

Від роз'ємів для кисневих комунікацій потрібно максимальна надійність. Випадкові рухи і ривки льотчика в кабіні (наприклад, внаслідок негативних перевантажень) не повинні викликати їх роз'єднання або порушення герметичності. У той же час роз'єм повинен просто і швидко з'єднуватися і роз'єднуватися при повсякденній експлуатації, наприклад, при знятті крісла.

Для зручності обслуговування, скорочення часу підготовки до вильоту і одночасного роз'єднання під час катапультивання всі комунікації пропускаються через один агрегат, так званий об'єднаний роз'єм комунікацій. За допомогою того же агрегату автоматично включається в роботу парашутний кисневий прилад під час катапультивання.

Об'єднані роз'єми випускаються з різною кількістю комунікацій в залежності від типу спорядження, з яким вони застосовуються.



Мал. 3.1. Конструкція об'єднаного роз'єму комунікацій:

I-верхня колодка; II-середня колодка (кріпиться на кріслі); III-нижня колодка; 1-лінія протиперевантажувального костюма; 2-лінія вентиляції; 3, 4 і 5-кисневі комунікації; 6-проводка зв'язку та обігріву скла шолома; 7-гачок для висмикування чеки парашутного кисневого приладу; 8-механізм замка роз'єму; 9-кільце для кріплення фала; 10-рукоятка замикання верхньої колодки; 11 - швидкокороз'ємна муфта

### **3.2. Розробка блоку роз'єднання зв'язку з бортом літака під час катапультивання.**

Роз'єм складається з трьох основних частин (мал. 3.1): двох колодок І і ІІ зі штуцерами і середньої колодки ІІІ, що з'єднуються між собою механічним замком, що входять в конструкцію роз'єму. Середня частина роз'єму постійно закріплена на кріслі. У момент катапультивання фал, прикріплений до підлоги або до іншого елемента конструкції кабіни, відкриває замок роз'єму і останній розпадається на три частини. При цьому колодка ІІІ (яку домовимося називати нижньою) разом з приєднаними до неї бортовими шлангами і проводами залишається на літаку, середня частина роз'єму ІІ - на кріслі, а колодка І (верхня), поєднана з шлангами і проводами особистого спорядження, - на льотчику.

Надмірний тиск в кисневій системі, компенсуючого костюма або в скафандрі після катапультивання зберігається за допомогою зворотних клапанів, встановлених в штуцерах верхньої колодки. При розмиканні ці клапани автоматично закриваються пружинами. Зворотні клапани всіх ліній (за винятком лінії вдиху) мають сильні пружини і гумові прокладки. Штуцер лінії клапана вдиху має слюдяний зворотній клапан з дуже слабкою пружиною. У разі витрати запасу кисню з парашутного приладу при спуску на парашуті льотчик може підсмоктувати атмосферне повітря при вдиху через слюдяний клапан.

Замок роз'єму зроблений таким чином, що допускає розмикання не тільки від фала, але дозволяє льотчику при необхідності самому від'єднувати верхню колодку.

Парашутний кисневий прилад під час катапультивання автоматично включається з допомогою спеціального гачка 7, встановленого на нижній колодці. Цей гачок захоплює вушко троса - роз'єднувача парашутного кисневого приладу при початковому відхиленні важеля замку ще до повного роз'єднання верхньої і нижньої частин роз'єму.

В інших типах конструкцій, де льотчик на землі не виходить з парашутом і кисневим приладом з кабіни, тросик роз'єднувача безпосередньо прикріплюється до нижньої колодки роз'єму, наприклад, за допомогою «морського» болта (болт з чекою на шарнірі).

#### Монтаж об'єднаного роз'єму на кріслі

На мал. 3.2 показана типова установка об'єднаного роз'єму на кріслі і кріплення фала замка роз'єма.

Роз'єм 1 встановлюється на бічній поверхні чашки крісла горизонтально або з підйомом до  $20^\circ$  в сторону замка роз'єму; Площина, що проходить через осі штуцерів роз'єму, повинна бути вертикальною. Аж до повного роз'єднання роз'єму його колодки не повинні чіплятися за елементи крісла. Фал (трос) 2 для включення роз'єму в роботу розташовується по вертикалі або з відхиленням від неї не більше  $15^\circ$  вперед або назад і не більше  $5 - 7^\circ$  у зовнішню сторону кабіни. Відхилення фала в сторону крісла не допускається.

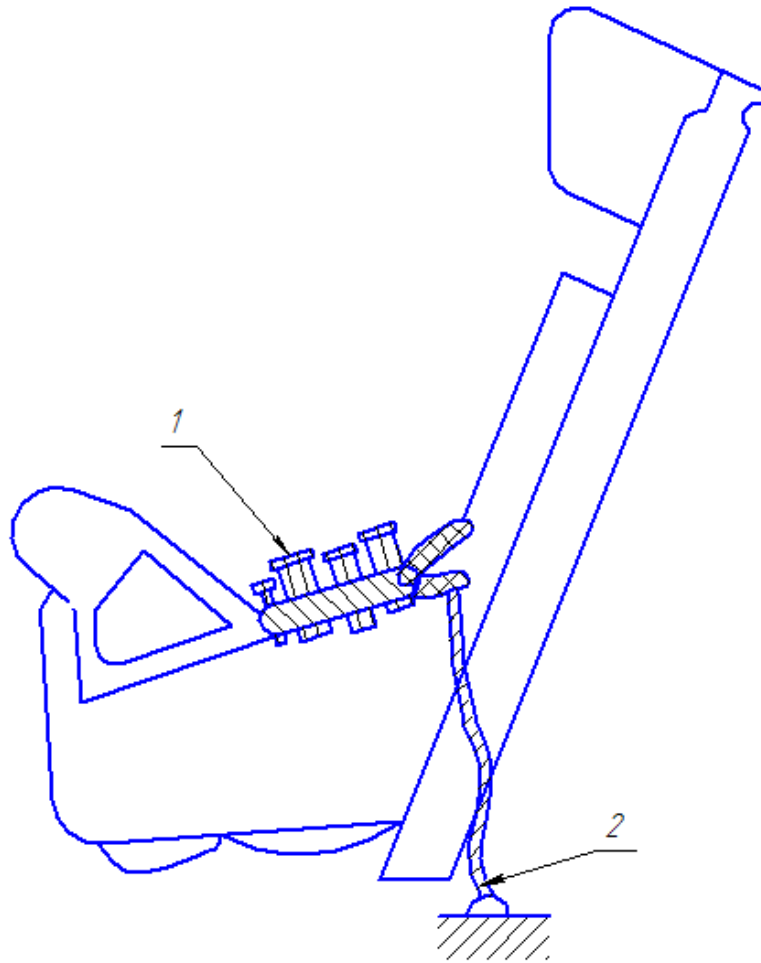
При установці об'єднаного роз'єму на нове крісло всю систему обов'язково перевіряють шляхом відстрілу на наземній катапульті, протягуванням крісла з кабіни і льотними випробуваннями з манекеном. Під час протягування крісла перевіряють слабіну шлангів, яка не повинна перевищувати довжину фала.

Власну слабіну фала беруть по можливості мінімальною, т. б. Вона може перевищувати діапазон регулювання чашки крісла по висоті не більше чим на 20-30 мм.

Щоб верхня колодка роз'єму не могла вдарити льотчика під час катапультивання, її прикріплюють тасьмою або гумками до підвісної системи парашута або до його портфелю.

У ряді випадків, особливо коли парашут постійно розташований в контейнері на спинці крісла, користуватися об'єднаним роз'ємом при посадці льотчика в кабіну літака не особливо зручно. Тому на шлангах комунікацій влаштовують додаткові експлуатаційні групові та поодинокі роз'єми. Для

протиперевантажувальних костюмів застосовують муфти, а для кисневих шлангів - ручні групові роз'єми на 2-3 шланга або поодинокі байонетні замки.

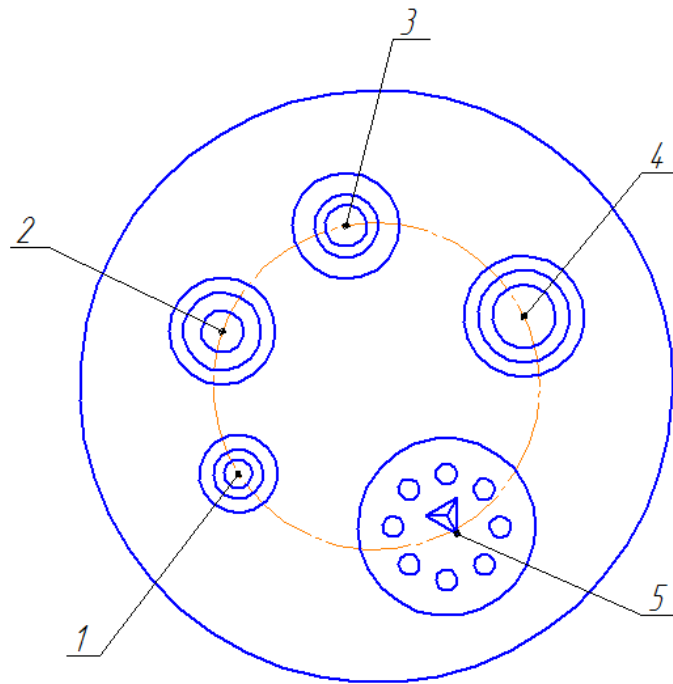


Мал. 3.2. Тиньова установка об'єднаного роз'єму на кріслі:

*1-роз'єм; 2 фал для розмикання роз'єму*

Цими роз'ємами льотчик користується при нормальній експлуатації. При аварійній же ситуації в момент катапультивання спрацьовує об'єднаний роз'єм, звільняючи льотчика від всіх зв'язків з бортом літака.

Дана конструкція не є оптимальною, тому можна розглянути інші реалізації блоку роз'єднання. Наприклад блок з радіальним розташуванням вузлів зв'язку мал. (3.3).



Мал. 3.3. Блок роз'єднання зв'язку:

*1-лінія протиперевантажувального костюма; 2-лінія вентиляції; 3, 4-кисневі комунікації; 5-проводка зв'язку та обігріву скла шолома;*

Дана конструкція дозволяє істотно знизити навантаження на систему роз'єднання зв'язку.

### **Висновки по розділу.**

В даному розділі були представлені основні технічні вимоги пред'явлені до блоку роз'єднання зв'язку. За результатами аналізу прототипів були запропоновані зміни в конструкцію блоку роз'єднання зв'язку і запропонована оригінальна конструкція, при якій всі вузли розташовані радіально на круглій основі.

## 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 4.1 Опис ідеї проекту

Розробка інноваційних продуктів є актуальною як у всьому світі, так і в Україні. Кількість інноваційних ідей зростає завдяки інструментам комунікацій, які спростили систему пошуку ресурсів, технологій, інвесторів, споживачів та виробників. Стартап має на меті впровадження новітніх технологій у всі сфери діяльності людини від малого, середнього до великого бізнесу.

Ідея даного проекту - надавати повний спектр аутсорсингових сервісів у сфері інженерних послуг, основою цього проекту є магістерська робота де реалізовані розрахункові дослідження засобів порятунку екіпажів. В процесі виконання роботи був проведений огляд основних агрегатів та конструктивної схеми катапультного крісла КМ-1. Розглянуто конструктивні рішення, спрямовані на підвищення вірогідності спасіння пілота при аварії літака. За результатами аналізу прототипів для вирішення даної проблеми впроваджені зміни в конструкцію блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака.

Основну ідею проекту наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для клієнтів
Ідея проекту надати повний спектр аутсорсингових сервісів у сфері інженерних послуг	1.Інженерні послуги та модернізація обладнання	Звернувшись до нас клієнт отримує інженерні послуги, модернізацію обладнання в короткі терміни, роботу високої якості та за низькою ціною.
	2. Розробка програмного забезпечення	Звернувшись до нас клієнт отримує якісні та сучасні ІТ розробки.
	3.Фінансова звітність та консалтингові послуги	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість контролювати свою фінансову звітність та отримати консультування з широкого кола питань у сфері фінансової, комерційної, технологічної, технічної діяльності.
	4 Дослідження та аналіз	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість перевірити здатність обладнання до виготовлення певних видів продукту та перевірити їх якісні властивості.

Такий підхід дає можливість надати повний спектр послуг користувачу.

Ми провели аналіз техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

Визначили перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

Визначили попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та провели збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;

Провели порівняльний аналіз показників: для нашої ідеї визначили показники, що мають 1-гірші значення (S, слабкі); 2-аналогічні (V, нейтральні) значення; 3-кращі значення (T, сильні) див. табл. 2.

Таблиця 2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				S (слабка сторона)	V (нейтральна сторона)	T (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
1.	Інженерні послуги	має	має	має	має	-	-	+
2.	Дослідження та аналіз	має	має	має	має	-	-	+
3.	Фінансова звітність та консалтингові послуги	має	має	немає	немає	-	-	+
4.	Розробка програмного забезпечення	має	має	має	має	-	-	+
5.	Креативний дизайн	має	немає	має	має	-	-	+

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційних послуг, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.



## 4.2 Технологічний аудит проекту

В даному розділі ми проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Щоб визначити технологічну здійсненність ідеї проекту потрібно провести аналіз таких складових див. табл. 3:

Визначити за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Існування технологій, чи їх потрібно розробити/доробити?

Доступність таких технологій авторам проекту?

Таблиця 3.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Надання повного спектру аутсорсингових сервісів та послуг	Створення веб сайту та оренда офісу для роботи персоналу.	Дані технології існують. В розробці/доробці їх немає необхідності.	Так, дані технології доступні.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою				

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так чи ні а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити.

## 4.3 Аналіз ринкових можливостей для запуску проекту

В Україні основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські відділи, вони виконують роботу на власних підприємствах, які виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу, аудиту та аутсорсингу. Див. табл. 4.

Таблиця 4

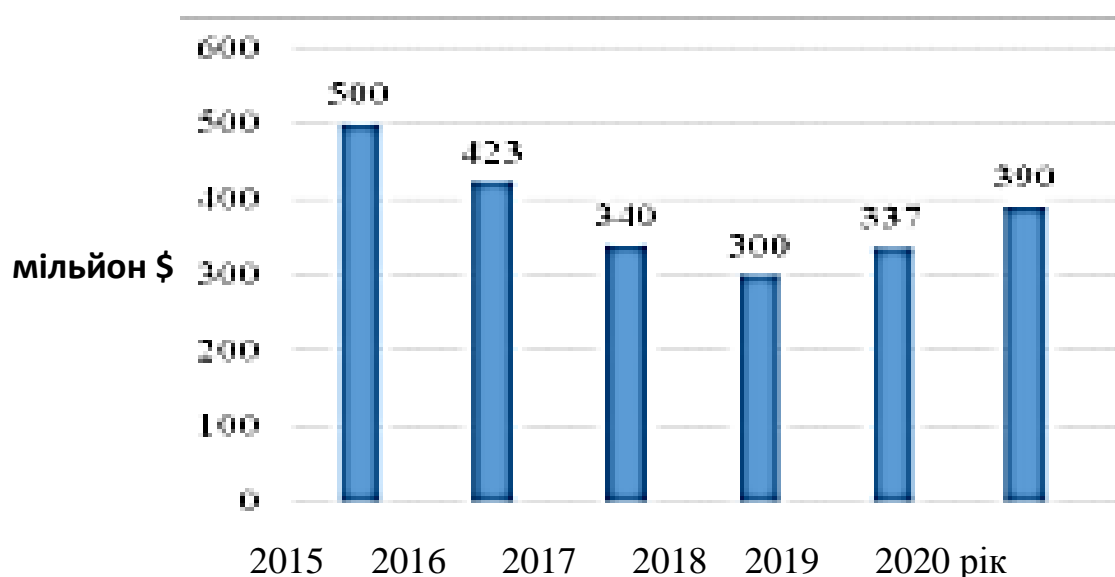
№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	7
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO

За результатами даного аналізу таблиці ми приходимо до висновку що за попереднім оцінюванням ринок є привабливим для входження.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Для опису ринку консалтингового інжинірингу було використано дослідження по ємності консалтингового ринку в Україні, млн. дол. за рік мал. 1.



Мал. 1 – Ємність консалтингового ринку в Україні

Проведений аналіз вказує що наразі консалтингові послуги мають тенденцію спаду, все це пов'язано з кризою в 2010, 2012 роках та військові дії на сході на початку 2014 року.

Ринок надання консалтингових послуг переважно розвивається після кризових періодів. На даний момент економіка України перебуває на етапі виходу з кризи, внаслідок чого розвиток консалтингового ринку розвивається повільно. Але в подальшому даний ринок може стрімко розвиватись, оскільки Україна вступила в зону вільної торгівлі з Європейським союзом. Саме це може спричинити ряд проблем на ринку України, оскільки виникає необхідність стандартизувати продукцію, що виробляється згідно вимог ЄС.

Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу, аудиту, аутсорсингу є перспективним. Головною ціллю багатьох підприємств є перевага в конкуренції перед іншими конкурентами, тобто підприємства повинні бути конкурентоспроможними. Це можна зробити покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво та експлуатацію обладнання, створення нового асортименту продукції тощо.

Конкуренція на даному ринку є невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Оскільки в минулому більшість підприємств мали власні відділи, що займались даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та продажу. Наш проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Виконана робота на вимогу клієнта не розголошуватиметься, крім цього наш проект передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта, якщо це є необхідним для нього. Також ми можемо запропонувати клієнту власні розробки, модернізації та інновації за вигідними умовами. Канали розподілу інжинірингового ринку розміщуються насамперед в великих містах, з розвиненою промисловістю. А саме в м. Києві, Дніпрі, Харкові, Львові та інших містах де розміщуються великі підприємства з обробки металів, переробки полімерів тощо.

Споживча поведінка клієнтів на даний момент набуває великого значення

для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців. Саме тому окрім рекламування наших послуг в соціальних мережах та інтернеті необхідно підтримувати репутацію. Насамперед це можна забезпечити високою якістю виконаних послуг для клієнтів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця з декількома клієнтами. Їхні конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни та також піти на співпрацю з нашим проектом.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таб. 5).

Таблиця 5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Інженерні компанії	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість, -швидкість, -доступність. - до продукції - до компанії-постачальника

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 6). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 6 - Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища.

№ п/	Фактор	Зміст загрози		Можлива реакція компанії
		Можливість	Загрози	
1	Закони України про правовий захист підприємства: закони про підприємництво та роботу і організацію підприємства.	Безпека праці, захист майна та інтелектуальної власності	Зміна законодавства України в негативну сторону	Вчасна оплата податків. Вибір адекватної влади на виборах та активна участь в контролю влади
2	Страховання	Захист від стихійних явищ та аварій.	Невідомо	Багатоетапна організація та планування праці, для зменшення кількості помилок в роботі. Закони України про приватну власність
3	Закони України про приватну власність	Захист інтересів	Несправедл. законодавств.	Захист від недобросовісних конкурентів. Боротьба за справедливість правовими методами.
4	Міжнародне та Європейське законодавство щодо функціонування підприємств та міждержавні угоди.	Нові клієнти в Європі та світі.	Не відповідність законів, несправедливо законодавство	Знання міжнародного та Європейського законодавства та відмова до співпраці в країнах де можуть бути несправедливе правове забезпечення

Продовження табл. 6. Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози		Можлива реакція компанії
		Можливість	Загрози	
	Інтелектуальна власність та закони про захист інтелектуальної власності	Захист власних розробок	Не відповідність законодавства. Викрадення та копіювання ідей.	наймання спеціаліста з захисту інтелектуальної власності Патентування, засекречування розробок та ідей. Охорона приміщення та персональних комп'ютерів
	Військові дії та нестабільна політична ситуація в Україні	Нові замовлення для військового комплексу України	Небезпека утворення нестабільної ситуації та заворушень.	Універсальність запропонованих проектів.
	Рейдерські захоплення та несприятлива ситуація для підприємництва	Захист інтересів	Втрата власного підприємств	Захист від недобросовісних конкурентів. Боротьба за справедливість правовими методами.
	Зростання кримінальності в Україні та корупція.	Нові клієнти в Європі та світі.	Втрата власного підприємства та коштів	Знання міжнародного та Європейського законодавства та відмова до співпраці в країнах де можуть бути несправедливе правове забезпечення

Таблиця 7 - Підсумкова таблиця факторів економічного середовища.

## Фактори

№ п/п	Фактор	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
		Можливості	Загрози	
	Девальвація гривні.	Переконати клієнтів виробляти обладнання власними ресурсами в Україні.	Високий курс іноземних валют	Створити умови для незалежності національної валюти.
	Подороження чи здеревіння конструкційних, робочих матеріалів	Нові проекти.	Збільшення вартості наших проектів.	Створити нові проекти з мінімальним застосуванням дорогих матеріалів та їх заміна на дешевші.
	Нестабільна економічна ситуація (кризи).	Докази важливості нашої діяльності	Не зацікавленість багатьох клієнтів у співпраці та розвитку.	Діяльність на покращення економічної ситуації в Україні та світі.
	Інфляція	Вигідна співпраця в іноземних валютах.	Високі ціни на товари та зниження купівельної спроможності в національній валюті	Падіння економіки, не зацікавленість багатьох підприємств у співпраці
	Зростання цін на енерго ресурси	Створення нових проектів	Невистачання коштів на оплату	Збільшити рентабельність на енергоаудит та обрати курс на створення

Таблиця 8 - Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
		Можливість	Загрози	
	Зміна та виникнення нових тенденцій в обраній сфері діяльності чи «технологічні прориви».	Змога самому створювати нові тенденції, в обраній діяльності ( машинобудування та інші).	Втрата актуальності власних розробок.	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній сфері діяльності та суміжних, пошук та розробка принципово нових інновацій.
	Науково технічне відставання науки та техніки від провідних країн світу.	Створення власних тенденцій та технологій.	Не можливість забезпечити конкуренцію в даній галузі.	Спроба зацікавити іноземних інвесторів в актуальності нашого проекту.
	Низька увага влади та суспільства на інноваційну діяльність.	Привернути увагу суспільства	Падіння зацікавленості потенційним и клієнтами	Спроба переконати важливість нашої діяльності



Таблиця 9 - Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Низька народжуваність	Створити нові напрямки діяльності.	Не достатня кількість підростаючих фахівців та споживачів послуг	Спонукати молодих людей до створення сімей. Створення вигідних умов для роботи (вільні графіки роботи та робота дома). Знайти нових клієнтів в індустрії виробництва дитячих іграшок.
Високий середній вік населення (старіння населення)	Нові фахівці	Мала чисельність молодого покоління.	Перекваліфікація старішого покоління на сучасний рівень знань та навичок. Обмін знаннями та навичками між старшим та молодим поколінням.

Таблиця 10 - Підсумкова таблиця факторів соціо-культурного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Інформатизація суспільства	Швидка комунікація з клієнтами та поставниками	Бракуван ня живого спілкуван ня	Створення зустрічей та виставок, де можна показати наші розробки та зацікавити споживачів наших послуг.
Зміна традицій ведення бізнесу в Україні та світі.	Зруйнувати недоліки минулої системи ведення бізнесу	Загрози нашої діяльності.	Спроба переконати в нашій правоті.
Забуття традицій.	Сприяння відновленню втрачених традицій	Втрата культурних цінностей.	Сприяння відновленню втрачених традицій.

Таблиця 11 - Підсумкова таблиця факторів природного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Землетруси	Проекти відновлення, консалтингові та аудитні послуги	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві.
Повені	Проекти відновлення, консалтингові та аудитні послуги	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві
Урагани	Проекти відновлення, консалтингові та аудитні послуги	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві
Виверження вулканів	Проекти відновлення, консалтингові та аудитні послуги	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві
Аварії техногенного походження	Проекти відновлення, консалтингові та аудитні послуги	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві

Таблиця 12 - Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Конкурентоспроможність підприємства та конкурентів.	Виграш в конкуренції	Програш в конкуренції	Постійний пошук способів підвищення конкуренції.
Насиченість ринку	Виграш в конкуренції	Програш в конкуренції	Пошук нових ринків та видів послуг: наприклад проектування обладнання для виготовлення стійких емульсій для військового комплексу чи автомобільного.
Кількість послуг, що надаються.	Виграш в конкуренції	Програш в конкуренції	Пошук нових послуг, які ще не освоєні конкурентами.
Вартість послуг.	Виграш в конкуренції	Програш в конкуренції	Пошук способів зниження вартості надання послуг.
Якість послуг.	Виграш в конкуренції	Програш в конкуренції	Пошук способів підвищення якості надання послуг, чи створення нових послуг, що не надаються іншими компаніями.
Імідж компанії	Більша зацікавленість споживачів	Втрата іміджу та недобросовісна конкуренція	Працювати на покращення іміджу компанії Залучення засобів масової інформації

Таблиця 13 - Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Вартість послуг	Збільшення доходу	Втрата доходу	Намагатися знайти якомога дешевші послуги постачальників. Створити вигідні для обох сторін умови.
Якість надання послуг	Збільшення іміджу	Зниження іміджу	Забезпечити якість та швидкість постачання.
Кількість постачальників	Збільшення доходу	Втрата доходу	Можливість роботи по всій країні та за кордоном.

Таблиця 5.14 - Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливість	Загрози	
Зацікавленість.	Збільшення зацікавленості	Зниження зацікавленості	Виявити інтерес до нашого проекту місцевих жителів, аудиторів, засобах масової інформації.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці №№ 15-16). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 15 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Закони України про приватну власність	Несправедливе законодавство	Захист від недобросовісних конкурентів. Боротьба за справедливість правовими методами.
Військові дії та нестабільна політична ситуація в Україні	Небезпека утворення нестабільної ситуації та заворушень	Універсальність запропонованих проектів.
Економічні криза Інфляція, Підвищення цін на сировину.	Впливає на спроможність компаній на модернізацію та переобладнання	Підвищення/пониження ціни на продукти; прив'язка до стійкої валюти
Науково технічне відставання	Не можливість забезпечити конкуренцію в даній галузі	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Залучення наукових робітників до розробки обладнання.
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Зниження кількості потенційних споживачів продукції, зниження попиту. Зменшення кількості кваліфікованих кадрів для роботи проекту.	Пошук нових клієнтів та проектування обладнання та вихід на міжнародні ринки
Соціо-культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів впроваджувати інноваційні рішення	Пояснення споживачам, що пропоновані послуги зможуть підвищити ефективність виробництва
Природні: Пожежі, землетруси, повені, урагани	Руйнування інфраструктури.	Протидія стихійним явищам шляхом облаштування захистом від стихійних явищ, пожеж тощо, проведення інструктажу з техніки безпеки.

Таблиця 16 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні	Залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Зростання населення	Збільшення попиту на різні типи продукцій.	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Соціально-культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг
Зростання цін на енерго ресурси	Створення нових проектів енергозбереження для себе та клієнтів.	Збільшити рентабельність на енергоаудит та обрати курс на створення енергоефективних виробництв.
Науково технічне відставання науки та техніки від провідних країн світу.	Створення власних тенденцій та технологій.	Спроба зацікавити іноземних інвесторів в актуальності нашого проекту
Високий середній вік населення (старіння населення)	Нові фахівці	Перекваліфікація старішого покоління на сучасний рівень знань та навичок. Обмін знаннями та навичками між старшим та молодим поколінням.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 17).

Таблиця 17 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкуренто - спроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві)	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом)
3. За галузевою ознакою міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно - видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.
6. За інтенсивністю - марочна	Наша мета зробити всесвітньо відомим бренд Рагтепій	Це дасть можливість надавати послуги по усьому світу.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 18).

Таблиця 18 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Всі підприємства які займаються консалтингом і аутсорсингом промислових підприємств	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям (консалтинг аутсорсинг) але має вплив на напрям по продажу товарів (комплектуючих виробів та ін.)	- не конкурентні оскільки спроможне обладнання -високі ціни на товари -не якісні послуги - без інноваційне.	—
Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетами.	Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно: конкурентні оскільки спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства через те що ми надаємо комплексний спектр послуг



За М. Портером, існують три базові стратегії розвитку, що відрізняються за ступенем охоплення цільового ринку та типом конкурентної переваги, що має бути реалізована на ринку (за витратами або визначними якостями товару).

Стратегія лідерства по витратах передбачає, що компанія за рахунок чинників внутрішнього або зовнішнього середовища може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною (або ж ціною головного конкурента). Зокрема, ця стратегія припускає, що за рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів (портфеля укладених контрактів на постачання) і продуктивності підприємство може добитися менших витрат. Ця стратегія, зазвичай, тісно пов'язана з можливістю досягнення ефекту масштабу і досвіду.

Компанії, що вибирають цю стратегію, проводять ретельний контроль за постійними витратами, знижують виробничі, збутові і рекламні витрати, проводять інвестиції, спрямовані на зменшення витрат, ретельне опрацювання конструкції нових товарів.

Переваги стратегії за Ж.-Ж. Ламбеном:

- фірма здатна протистояти своїм прямим конкурентам навіть у разі цінової війни і в змозі отримувати прибуток при ціні, мінімально допустимій для конкурентів;
- сильні клієнти не можуть добитися зниження ціни нижче рівня, прийнятного для найбільш сильного конкурента;
- низькі витрати забезпечують захист проти сильних постачальників, оскільки дають фірмі велику гнучкість у разі підвищення вхідних витрат;
- низькі витрати створюють бар'єр входу для нових конкурентів і одночасно хороший захист проти товарів-замінників.

В ході конкурентної боротьби з використанням цієї стратегії з ринку вимушені будуть піти фірми, менш ефективні з точки зору величини і

структури витрат, нездібні до проведення технологічних новацій, спрямованих на зниження витрат.

Стратегія диференціації передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару (у ширшому розумінні – комплексі маркетингу), бути реальною або уявною.

Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування. Переваги стратегії за Ж.-Ж. Ламбенom:

- по відношенню до прямих конкурентів диференціація знижує ступінь замінності товару, посилює прихильність марці, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність;
- прихильність клієнтів послабляє їх тиск на фірму і перешкоджає приходу на ринок нових конкурентів;
- підвищена рентабельність збільшує стійкість до можливого зростання витрат в результаті дій сильного постачальника;
- відмінні властивості товару і завойована прихильність клієнтів захищають фірму і від товарів-замінників.

Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).

При веденні конкурентної боротьби з використанням цієї стратегії на ринку в першу чергу терплять фіаско фірми, що не здатні визначати потреби цільових ринків, оперативно реагувати на зміни в ринковому попиті, проводити ефективну політику маркетингових комунікацій, не мають необхідних навичок в області брендингу. Найважливішими здібностями, які повинна мати компанія, що приймає цю стратегію, є з генерування маркетингових ноу-хау, здійснення продуктових новацій.

Стратегія спеціалізації передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися як на диференціацію, так і на лідерство по витратах, або і на те, і на інше, але тільки у рамках цільового сегменту. Проте низька ринкова доля у разі невдалої реалізації стратегії може істотно підірвати конкурентоспроможність компанії. Залежно від міри сформованості товарного(галузевого) ринку, характеру конкурентної боротьби компанії-лідери обирають одну з трьох стратегій: розширення первинного попиту, оборонну або наступальну стратегію або ж застосувати демаркетинг або диверсифікацію.

Стратегія розширення первинного попиту доцільна у разі, якщо фірмі-лідерові недоцільно розмінюватися на боротьбу з невеликими конкурентами, вона може отримати велику економічну віддачу від розширення первинного рівня попиту. В цьому випадку компанія займається реалізацією заходів по формуванню попиту(навчанню споживачів користуванню товаром, формування регулярного попиту, збільшення разового споживання), також пропаганду нових напрямів застосувань існуючих товарів, виявлень нових груп споживачів. Розширюючи таким чином ринковий попит, лідер надає допомогу усім підприємствам, що «йдуть за ним», не сучи при цьому основні фінансові витрати, проводячи найбільш революційні НДДКР. Така стратегія можлива тільки на початкових стадіях життєвого циклу товару, коли попит ще є розширюваним, а взаємний тиск конкурентів ще невеликий. Інакше фірмі лідерові необхідно приймати оборонну або наступальну стратегію.

У міру зростання ринку, його становлення позиції компанії-новатора починають атакувати конкуренти-імітатори. В цьому випадку, компанія може вибрати оборонну стратегію, метою якої є захист власної ринкової долі. Оборона може бути:

- інновації з метою постановки технологічних бар'єрів для входу в ринок нових конкурентів, подальшого збільшення відриву від них;

- ліквідація ніш для проникнення конкурентів за допомогою розширення товарного асортименту, цінових парасольок, захоплення каналів збуту;

Наступальна стратегія припускає збільшення своєї частки ринку. При цьому переслідувана мета полягає в подальшому підвищенні прибутковості роботи компанії на ринку за рахунок максимального використання ефекту масштабу. Проте, існує межа, при перевищенні якої подальше зростання частки ринку стає не вигідним. [12, 13].

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 18), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 4), вимог споживачів до товару (таблиця 5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 15-16) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця 19.

Таблиця 19 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Низька ціна	Так як ми будемо співпрацювати з науково технічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання також низька ціна буде через те що обладнання буде продаватися не одному замовнику а буде продаватися на сайті і кожен підприємець зможе його купити.
2	Якість(швидкість та надійність)	При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас консультаціями.
3	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 19) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 20).

Таблиця 20 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Новизна впровадження проекту	6			◇	△	□		
2.	Швидкість виконання замовлення	10		◇	□		△		
3.	Асортимент послуг	7	△					□ ◇	
4.	Якість кінцевої продукції	8		△		□ ◇			

□ – flatworldsolutions.com

△ – ukrengsol.com

◇ – [www.backofficepro.com](http://www.backofficepro.com)

Сильні сторони	Слабкі сторони
Асортимент, Низька ціна	Швидкість надання послуг, Асортимент
Якість кінцевої продукції; Асортимент,	Асортимент, Висока ціна
	Швидкість надання послуг, Новизна впроваджених проектів

Таблиця 21 – формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>- новизна проекту;</li> <li>-спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості;</li> <li>- низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями);</li> <li>- можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо),</li> <li>-більш швидкий вихід товарів на ринок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів;</li> <li>- програш іноземним компаніям;</li> <li>- відсутність чітких правил співпраці підприємства та аутсорсера</li> </ul>
Можливості	Загрози
<p>Науково-технічні</p> <p>Демографічні:</p> <p>Зростання населення Соціально-культурні:</p> <p>Консервативність поглядів споживачів</p> <p>Зростання цін на енерго ресурси</p> <p>Науково технічне відставання науки та техніки від провідних країн світу.</p> <p>Високий середній вік населення (старіння населення)</p>	<p>Закони України про приватну власність</p> <p>Військові дії та нестабільна політична ситуація в Україні</p> <p>Економічні криза Інфляція, Підвищення цін на сировину.</p> <p>Науково технічне відставання</p> <p>Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.</p> <p>Соціо-культурні: Консервативність поглядів споживачів</p>

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 22)

Таблиця 22. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Загарбник	Значні	Максимум рік
2	Наступник	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу наступник.

#### 4.4 Ринкова стратегія стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії включає в себе визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів див. табл. 23.

Таблиця 23

№ п/п	Профіль цільової групи клієнтів	Готовність сприйняти продукт споживачами	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Конкуренція в сегменті	Складність входу в сегмент
1	Малі промислові підприємства (приватні)	Висока	Високий	Мала	Мала
2	Великі промислові підприємства	Середня	Середній	Висока	Середня

Для роботи в даних сегментах ринку потрібно сформулювати стратегію розвитку див. табл. 24.

Таблиця 24

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Наступник	Концентрування на одному цільовому сегменті	Надання інженерних консалтингових послуг малим підприємствам	Консалтингові послуги (інженерні)

Наступною задачею є вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 25

№ п/п	Чи є проект першопроходцем на ринку України?	Компанія буде шукати нових споживачів?; Компанія буде забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати характеристики товару конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки
	Проект є першопроходцем, для малих і середніх підприємств.	Компанія буде займатися пошуком нових споживачів.	Копіювання послуг: Архітектура та дизайн; Розробка програмного забезпечення; Аудит підприємства	Стратегія Виклику лідера

З вимог споживачів обраних сегментів до постачальника, та до продукту див. табл. 5, а також в залежності від базової стратегії розвитку див. табл. 24. та стратегії конкурентної



поведінки див. табл. 25 розробляється стратегія позиціонування див. табл. 26. яка полягає у формуванні ринкової позиції, за якою споживачі мають ідентифікувати торгівельний проект.

Таблиця 26

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто спроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
	Якісне надання послуг	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Інноваційне обладнання, за конкурентоспроможною ціною

#### 4.5 Маркетингова програма стартап-проекту

Потрібно сформувати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього в табл. 27 підсумуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 27

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги над конкурентами
1.	Потреба в високо кваліфікованому аутсорсингу	Швидкість, надійність та комунікабельність персоналу	Низька ціна, надійність та комунікабельність персоналу, швидкість виконання завдання

Далі потрібно розробити трирівневу маркетингову модель товару: уточняється ідея послуг, особливості процесу надання, його фізичні складові див. табл. 28. Перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [27].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;

Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;

Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд;

Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати:

безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;

Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;

Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;

Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;

Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;

Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;

Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 28., в якій проведено опис трьох рівнів моделі товару.

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє послуга (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Надання надійного та високо кваліфікованому аутсорсингу, що дозволяє зменшити витрати на утримання штату працівників.		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання, зменшення простоїв виробництва; Ергономічність: зручність та доступність до всіх елементів конструкції; Екологічність: відповідність нормативам. Призначення: хімічні, харчові та будівельні компанії. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу. Безпека: відповідність нормативам;	—/+	+ /+ /+ /+ /+
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, 180, ОШ та інші.		
	Документи виконані з логотипом підприємства.		
	Марка: Патон		
III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту		
	Після продажу: гарантійні консультації		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв’язку проблеми.			

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Далі потрібно визначити оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення див. табл. 28:

Таблиця. 28

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки клієнтів	Функції збуту	Глибина каналу збуту	Система збуту
1.	Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність	Глибока	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту ми вирішили проводити збут власними силами.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 29).

Таблиця 29

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається особливістю галузевої приналежності	Інтернет, виставки, друкована продукція	<p>Спеціалізовані виставки такі як: Міжнародна спеціалізована виставка «МЕТАЛООБРОБКА»;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка «Суднобудування»;</p> <p>Міжнародний авіакосмічний салон «АВІАСВІТ»;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка «Київський технічний ярмарок»;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка «МашПром»;</p> <p>Міжнародний водний форум «Енергозбереження»;</p> <p>Міжнародна агропромислова виставка «Композити та склопластики»;</p> <p>Міжнародна агропромислова виставка «Енергетика в промисловості»;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка «Машинобудування. Металургія»;</p> <p>На виставках буде розповсюджуватися друкована продукція.</p> <p>В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій.</p>

Результатом даного розділу є створення ринкової програми, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення. Даний проект спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища. [14]

### **Висновки до розділу**

Згідно з проведеним аналізом перспектива впровадження даного стартап-проекту є актуальна. Проаналізувавши потенційні групи клієнтів, стан конкуренції, бар'єри входження, ми прийшли до висновку що даний проект має перспективи росту на ринку, так як на ньому мала кількість компаній яка надає такий спектр послуг.

## **Висновки**

Магістерська дисертація присвячена питанню розрахунку траєкторії руху крісла катапульти, визначенню основних навантажень діючих на крісло і конструювання блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

На підставі виконаних досліджень зроблені наступні висновки:

1. Проведено аналіз сучасних існуючих засобів забезпечення порятунку екіпажу під час виникнення аварійної ситуації.
2. Проведені розрахунки основних параметрів обраного прототипу, розрахована і проаналізована траєкторія руху крісла під час катапультивання.
3. Проаналізовано етапи спрацьовування систем крісла.
4. Розраховані основні навантаження які діють на крісло
5. Проведено розрахунок парашута і визначені навантаження які діють на купол.
6. Розроблена конструкція блоку роз'єднання зв'язків з бортом літака крісла-катапульти літака винищувача.

Результати дисертації:

Апробовані на науково–практичній конференції студентів та молодих вчених «Avia- and rocket production: trends and directions» з публікацією тез;Тези на конференцію «Avia- and rocket production: trends and directions»

Результати наукових досліджень впроваджені у наукову базу знань та інформації інвестиційної компанії «Боміс», що підтверджено відповідним актом.

### Список використаних джерел

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Катапультируемое\\_кресло](https://ru.wikipedia.org/wiki/Катапультируемое_кресло) - электронная энциклопедия. С. 14
2. <https://www.popmech.ru/made-in-russia/5405-ushel-v-pokhod-podzemokhod-gluboko-kopaem/> С. 14-18
3. <http://ooobskspetsavia.ru/2015/11/05/sovremennye-parashyutnye-sistemy/> С.18-34
4. <http://ooobskspetsavia.ru/2015/11/09/tipovye-sxemy-katapultnyx-kresel/> С. 36-58
5. <http://ooobskspetsavia.ru/2015/11/10/katapultnoe-kreslo-km-1/> С. 58-84
6. [http://www.bredow-web.de/Luftwaffenmuseum/Kampfjets/MiG-23\\_ML/mig-23\\_ml.html](http://www.bredow-web.de/Luftwaffenmuseum/Kampfjets/MiG-23_ML/mig-23_ml.html) С. 86-87
7. Лобанов Н.А. Основы расчета и конструирования парашютов /М.: Машиностроение, - 1965, - 365 с.
8. Агроник А.Г. , Эгенбург Л.И. Развитие авиационных средств спасения / М.: Машиностроение, - 1990 , - 255 с.
9. Алексеев С.М., Балкинд Я.В. Средства спасения экипажа самолета / М.: Машиностроение, - 1975, - 432 с.
10. Политехнический словарь. Гл. ред. И. И. Артоболевский. – М.: «Советская энциклопедия», 1977.
11. <https://igorpmigse.livejournal.com/234914.html>

### Додаткова література.

12. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>
13. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты С. 137-140 инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. –2014. – Т. 1. С. 137-140



14. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. С. 119-149
15. Владимирова М. С. Дослідження ринку консалтингових послуг в Україні/ М. С. Владимирова, ю. О. Маньковська// Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, – 2015
16. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015.
17. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
18. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015.